



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Facultad de Ciencias Médicas**

**Centro de Posgrados**

**Posgrado en Anestesiología**

**MEDICIÓN DE LOS NIVELES Y CURVA DE CO<sub>2</sub> CON EL USO DE MÁSCARA  
LARÍNGEA Y TUBO ENDOTRAQUEAL EN PACIENTES DE 14 A 60 AÑOS DEL  
HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO, CUENCA 2018**

**Tesis previa a la obtención  
del título de Especialista  
en Anestesiología.**

**Autora:** Md. Alicia Monserrath Peñafiel Encalada CI. 0301760005

aliciapenafiel78@gmail.com

**Director:** Md. Francisco Antonio Cevallos Sacoto CI. 0104216973

**Asesor:** Dr. Jaime Rodrigo Morales Sanmartín CI. 0100881564

**Cuenca – Ecuador**

**13-Noviembre-2020**



## Resumen

**Introducción:** los estudios realizados respecto a la variabilidad que existe entre la capnografía y capnometría durante el uso de máscara laríngea (LMA) y tubo endotraqueal (TET) son escasos, es por ello, que se ha considerado importante realizar la presente investigación.

**Objetivo:** determinar los cambios en los niveles y curvas de dióxido de carbono espirado ( $\text{EtCO}_2$ ) referentes al uso de la máscara laríngea y el tubo endotraqueal.

**Diseño Metodológico:** se realizó un estudio descriptivo de corte transversal desde enero a diciembre de 2018. La población se conformó por una muestra representativa de pacientes sometidos a procedimientos de anestesia general balanceada. Los datos de 180 pacientes fueron analizados con el sistema Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

**Resultados:** en el análisis de la capnografía no existió una diferencia entre los dos grupos evaluados, se encontraron 2 patrones de broncoespasmo durante los minutos 5 y 30 del transquirúrgico con valores de  $p = 0.363$  en los dos casos. Se evaluaron los valores medios de capnometría en el grupo TET y LMA, obteniendo los siguientes resultados: a los 5 minutos un promedio de  $36 \pm 4$  mmHg y  $36 \pm 3$  mmHg con  $p = 0.324$ , a los 30 minutos un valor de  $35 \pm 4$  mmHg y  $35 \pm 3$  mmHg con  $p = 0.517$  y a los 60 minutos un valor de  $35 \pm$  mmHg y  $34 \pm 3$  mmHg con  $p = 0.84$  respectivamente.

**Conclusiones:** los resultados de la capnografía y capnometría no varían en función del uso de la máscara laríngea y tubo endotraqueal.

**Palabras clave:** Anestesia general. Máscara laríngea. Capnografía. Epidemiología descriptiva



## Abstract

**Introduction:** there are few studies about the variability that exists between capnography and capnometry during the use of the laryngeal mask and endotracheal tube, that's why it has been considered important to perform this research.

**Objective:** to determine the changes in the levels and curve of expired carbon dioxide (EtCO<sub>2</sub>) referring to the use of the laryngeal mask (LMA) and the endotracheal tube (ET).

**Methodological design:** a descriptive cross-sectional study was carried out from January to December 2018. The population was made up of a representative sample of patients undergoing balanced general anesthesia procedures. Data from 180 patients were analyzed with the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

**Results:** in the analysis of the capnography, there was no difference between the two evaluated groups, 2 patterns of bronchospasm were found during the fifth- and thirtieth-minute during surgery with values of  $p = 0.363$  in both cases. Capnometry averages were obtained in the TET group and LMA, with the following results: at minute 5 an average of  $36 \pm 4$  mmHg and  $36 \pm 3$  mmHg with  $p = 0.324$ , at minute 30 a value of  $35 \pm 4$  mmHg and  $35 \pm 3$  mmHg with  $p = 0.517$  and at minute 60 a value of  $35 \pm$  mmHg and  $34 \pm 3$  mmHg with  $p = 0.84$  respectively.

**Conclusions:** it was concluded that the results of capnography and capnometry do not vary depending on the use of the laryngeal mask and endotracheal tube.

**Keywords:** General anesthesia. Laryngeal mask. Capnography. Descriptive epidemiology.



ÍNDICE	
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Planteamiento del problema	<u>9</u>
1.2 Justificación y uso de los resultados	<u>10</u>
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	12
2.1 Anestesia general	12
2.2 Fisiología respiratoria	12
2.2.1 Maduración Pulmonar	12
2.2.2 Mecánica Respiratoria	13
2.2.3 Intercambio de gases	13
2.2.3.1 Hipoxemia	13
2.2.3.2 Hipercapnia	14
2.2.4 Relación Ventilación/Perfusión (V/Q)	16
2.3 Ventilación mecánica	17
2.3.1 Ventilación controlada por volumen	18
2.4 Capnografía y capnometría	20
2.5 Máscara laríngea	22
2.5.1 Máscara laríngea AIR-Q	23
2.6 Tubo endotraqueal	24
2.7 Máscara Laríngea y Tubo Endotraqueal durante la Ventilación Mecánica	25
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	26
3.1 Objetivo general	26
3.2 Objetivos específicos	26
4. DISEÑO METODOLÓGICO	27
4.1 Tipo de estudio y diseño general	27
4.1.1 Tipo de estudio	27
4.2 Área de investigación	27
4.3 Definición de variables	27
4.3.1 Operacionalización de las variables	27
4.4 Universo de estudio, selección y tamaño de la muestra, unidad de análisis y observación.	27
4.4.1 Universo de estudio	27
4.4.2 Muestra de estudio	27
4.4.3 Unidad de análisis y observación	28
4.5 Técnica de muestreo	28
4.6 Criterios de inclusión y exclusión	28
4.6.1 Criterios de inclusión	28
4.6.2 Criterios de exclusión	28
4.7 Procedimientos para la recolección de información, instrumentos y métodos para el control y la calidad de los datos.	29
4.7.1 Métodos e instrumentos para obtener la información	29
4.7.2 Métodos de procesamiento de la información	29
4.7.3 Técnica	29
4.7.4 Procedimiento para la recolección de la información e instrumentos a utilizar	29
4.7.5 Procedimientos para garantizar aspectos éticos	30
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	31



5.1	Características generales de la población estudiada	31
5.2	Características clínicas de la población estudiada	32
5.3	Cambios en la curva de CO <sub>2</sub> en el grupo tubo endotraqueal y grupo máscara laríngea	33
5.4	Cambios en los niveles de CO <sub>2</sub> en el grupo tubo endotraqueal y grupo máscara laríngea	34
5.5	Parámetros ventilatorios estándar usados en el grupo tubo endotraqueal y máscara laríngea	35
6.	DISCUSIÓN	36
7.	CONCLUSIONES	42
8.	RECOMENDACIONES	43
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
10.	ANEXOS	50



### **Cláusula de licencia y autorización para Publicación en el Repositorio Institucional**

Md. Alicia Monserrath Peñafiel Encalada en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales de la tesis **MEDICIÓN DE LOS NIVELES Y CURVA DE CO<sub>2</sub> CON EL USO DE MÁSCARA LARÍNGEA Y TUBO ENDOTRAQUEAL EN PACIENTES DE 14 A 60 AÑOS DEL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO, CUENCA 2018** , de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de esta tesis en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 13 de noviembre del 2020

---

Md. Alicia Monserrath Peñafiel Encalada

CI: 0301760005



### Cláusula de propiedad intelectual

Md. Alicia Monserrath Peñafiel Encalada, autora de la tesis **MEDICIÓN DE LOS NIVELES Y CURVA DE CO<sub>2</sub> CON EL USO DE MÁSCARA LARÍNGEA Y TUBO ENDOTRAQUEAL EN PACIENTES DE 14 A 60 AÑOS DEL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO, CUENCA 2018**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 13 de noviembre del 2020

---

Md. Alicia Monserrath Peñafiel Encalada

CI: 0301760005



## 1. INTRODUCCIÓN

La Sociedad Americana de Anestesiología (ASA) establece que durante la anestesia general se debe cumplir el estándar básico de monitorización que comprende la valoración continua de la oxigenación, ventilación, circulación y temperatura; la evaluación continua de la ventilación, perfusión y metabolismo se realiza mediante la medición del dióxido de carbono espirado ( $\text{EtCO}_2$ ) con la ayuda de un capnógrafo; este aporta valores numéricos que corresponden con el nivel de  $\text{EtCO}_2$  (capnometría) y curvas con diferentes patrones (capnografía), siendo ambas de gran importancia para mantener la homeostasis del paciente, así como para el diagnóstico de potenciales patologías que ocurren en el perioperatorio (1, 2).

La anestesia general es una técnica ampliamente usada en la cual es necesario generalmente abordar la vía aérea, existe una gran diversidad de dispositivos supraglóticos e infraglóticos diseñados para este fin, el tubo endotraqueal (TET) y la máscara laríngea (LMA) son los más empleados; estos dispositivos tienen características muy diferentes que pueden influir en el comportamiento del  $\text{EtCO}_2$  por lo que se deben tener consideraciones especiales para cada uno de ellos, en parámetros como: ventilación mecánica (VM), presiones de sellado, tasas de fuga, entre otros. Por otro lado, en el metabolismo del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) desde su producción, transporte, excreción y difusión a través del alvéolo hasta llegar al dispositivo (donde es medido), interviene un vasto conocimiento de fisiología existiendo muchas condiciones que lo pueden modificar como: parámetros antropométricos, hemodinamia, tasa de metabolismo, condiciones quirúrgicas etc. (2).

El análisis del  $\text{EtCO}_2$  es una herramienta indispensable en los procedimientos de anestesia general, no obstante, en nuestro país no se disponen de capnógrafos en todos los centros en donde se realizan estas intervenciones. Es necesario resaltar que a nivel local, en primer lugar, tenemos una característica geográfica que denota un cambio importante en lo que respecta a la fisiología del  $\text{CO}_2$ ; en la ciudad de Cuenca ubicada en los andes ecuatorianos a 2 560 metros sobre el nivel del mar los habitantes generan mecanismos fisiológicos que compensen la baja presión de oxígeno ( $\text{O}_2$ ), pocas investigaciones se han realizado con el objeto de establecer los parámetros basales de  $\text{CO}_2$  en nuestro medio, lo que nos obliga a extrapolar referencias de ciudades con altitud semejante a la nuestra como Bogotá. En segundo lugar, tampoco existen trabajos científicos enfocados al  $\text{EtCO}_2$  y la VM en la ciudad, país ni región (3, 4).

Como se ha mencionado anteriormente, la ASA ha determinado que no se puede prescindir durante la anestesia general de la capnografía, es por ello que se deberían plantear estrategias de implementación de capnógrafos en todos los establecimientos de salud en donde se realizan estos



procedimientos, de igual manera, determinar los parámetros de normalidad de los valores de presión arterial de dióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ) para la población es fundamental para el manejo adecuado de los pacientes, debido a esto, es de especial importancia fomentar la investigación en este ámbito. También es imperativo señalar que el uso de LMA en nuestro medio es todavía limitado, a pesar de que la mayoría de investigaciones con LMA en diferentes escenarios clínico-quirúrgicos han mostrado resultados favorables y su uso no muestra un riesgo de hipoventilación e hipercarbia, sin embargo, los resultados de las mismas están lejos de ser concluyentes. En la literatura revisada, irrisorias son las investigaciones internacionales con temas similares al propuesto, los dos estudios que se han podido corresponder muestran resultados que no denotan una diferencia en la capnometría durante el uso de LMA Y TET. Es por todo lo expuesto que se ha considerado de vital importancia realizar investigaciones relacionadas al  $\text{EtCO}_2$  y su interacción con la LMA y el TET, remarcando la importancia de la monitorización de  $\text{EtCO}_2$  y al tiempo que suponga una futura línea para nuevas investigaciones (4).

### **1.1 Planteamiento del problema**

Se calcula que en todo el mundo se realizan cada año 234 millones de operaciones de cirugía mayor, lo que equivale a una operación por cada 25 personas, según estimaciones conservadoras, un 11% de la carga de morbilidad mundial se debe a afecciones que pueden tratarse eficazmente mediante cirugía y la proporción es aún mayor en los países de ingresos bajos y medianos. El reporte de los pacientes sometidos a procedimientos de anestesia general y sus eventos adversos son una debilidad en toda América Latina, por lo que, al momento se intenta implementar el reporte electrónico en los países con más recursos en la región como Chile y Colombia. (5, 6).

En la práctica anestésica los problemas relacionados al manejo de vía aérea, ventilación e intubación traqueal constituyen hasta un 30% de toda la morbilidad y mortalidad asociada, siendo la primera causa en casi todas las series estudiadas (6).

El advenimiento de la LMA y su aplicación ha contribuido para que se desarrollen varios estudios que describan las ventajas y desventajas en comparación con el TET, asimismo, se ha logrado definir sus indicaciones y contraindicaciones en función de los diversos escenarios clínicos; algunos de los limitantes que se atribuye a la LMA en comparación al TET son: aumento del espacio muerto, límite de presión de sellado inferior con riesgo de fuga y distensión gástrica, ya que no se aísla por completo la vía aérea del tubo digestivo, por lo que se entrevé que podría comportarse como un interfaz menos eficaz para la VM; aun así, depende mucho del adecuado acoplamiento que este dispositivo presente en cada paciente y varios factores adicionales que intervienen en la



cinética de gases; no siendo ninguna de ellas razones suficientes para aseverar esta proposición (7, 8).

El CO<sub>2</sub> y el agua son los productos finales del metabolismo aeróbico, resultando ser el CO<sub>2</sub> la principal fuente de ácido del organismo que requiere un sistema de eliminación muy eficaz, considerando que en estado estacionario la PaCO<sub>2</sub> resulta del equilibrio de producción por metabolismo celular y eliminación por vía aérea, esta eliminación durante la ventilación mecánica puede comprometerse sin una medida de presión transpulmonar o un referente de presión de distensibilidad, debido a que sin ellas resulta complejo dimensionar la eficiencia de la misma (7, 8). En la actualidad, la LMA representa un recurso de gran valor en la práctica cotidiana de un anestesiólogo al ofrecerle enormes ventajas sobre el TET en varios procedimientos, muchos estudios que comparan los dispositivos supraglóticos no han tenido el poder estadístico adecuado para determinar la eficacia y ninguno ha abordado directamente el tema de la seguridad. La eficacia de la LMA para la ventilación controlada disminuye rápidamente a medida que aumenta la resistencia pulmonar y se incrementa el riesgo de hipoventilación y distensión gástrica, lo que genera preocupaciones sobre la seguridad de su uso en estas situaciones. Tomando en cuenta las posibles restricciones antes mencionadas que podrían contribuir a la hipoventilación, se han creado nuevas generaciones de LMA que permitan el manejo de presiones más elevadas, sin embargo, la superioridad de una generación de LMA sobre otra aún no se ha demostrado. Pocos estudios muestran limitantes para el uso adecuado de la LMA, mientras tanto, otros señalan inclusive resultados favorables en pacientes obesos con dispositivos como LMA Proseal (9,10).

Según el mejor conocimiento bibliográfico obtenido aún no se logra establecer por completo todas las particularidades del uso de la LMA durante la VM y si realmente esta puede generar un riesgo de hipoventilación e incremento en los niveles de EtCO<sub>2</sub>, por lo que consideramos que es de suma importancia conocer cuáles son los comportamientos tanto de los niveles como curvas de EtCO<sub>2</sub> de una población representativa del Hospital Vicente Corral Moscoso, planteándonos las siguientes interrogantes:

¿Existen cambios en la capnografía utilizando LMA o TET?

¿Existen cambios en la capnometría utilizando LMA o TET?

## **1.2 Justificación y uso de los resultados**

En la actualidad el Hospital Vicente Corral Moscoso no cuenta con protocolos que definan el uso de LMA y TET, aun cuando estos dispositivos se utilizan ampliamente en varios tipos de procedimientos que incluyen pacientes de alto riesgo y con una morbilidad importante. Por lo



tanto, es necesario estudiar el comportamiento del EtCO<sub>2</sub> dentro de un proceso real, con la finalidad de obtener información que permita minimizar los riesgos y posibles efectos colaterales, así como mantener la estabilidad del paciente a lo largo del procedimiento quirúrgico.

La finalidad del presente es conocer el comportamiento del EtCO<sub>2</sub> con el uso de LMA y TET, estos resultados podrán relacionarse con la práctica diaria con la finalidad de esclarecer el uso adecuado de estos dispositivos, enfocados a mejorar la conducta anestésica, asegurando el bienestar del paciente, disminuyendo el porcentaje de complicaciones, la morbilidad, la estancia hospitalaria y optimizando los costos. Hasta el momento en nuestra población, las diferencias que pueden existir en la medición de los niveles y curva de dióxido de carbono espirado con el uso de TET y LMA son aún desconocidas, por lo que los resultados expuestos podrán servir de guía en la creación de protocolos de manejo adecuados que contribuyan a la mejora del servicio de anestesiología y a minimizar así las potenciales complicaciones en pacientes que se sometan a este tipo de procedimientos; siendo los principales beneficiarios los profesionales de la salud.

En el área del sistema nacional de la salud la línea de investigación contribuye a mejorar la calidad de la atención, prestación y sistemas de apoyo del Ministerio de Salud Pública, en la sublínea de calidad de atención y costos; en la facultad de medicina en el área de ciencias médicas aporta a la línea de investigación de medicina clínica. Los resultados de esta investigación serán socializados en los servicios de anestesiología y estarán disponibles en la biblioteca de la Facultad de Ciencias Médicas donde podrán ser utilizados por profesores, autoridades de salud y estudiantes; igualmente, será difundido en la página web de la Universidad (11).

## **2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.1 Anestesia general**

La anestesia general es un estado neurofisiológico artificial compuesto por inconsciencia, amnesia, analgesia e inmovilidad; mientras se mantiene al paciente lo más cercano a su estado fisiológico normal, la creciente evidencia sugiere que las oscilaciones neurales inducidas por anestésicos son un mecanismo primario de acción anestésica, es decir un estado neural diferente al sueño (12).

Existen diferentes modalidades de anestesia general las cuales intentan cumplir con los mismos objetivos, un adecuado manejo de la analgesia e hipnosis. El inoportuno manejo de estas, así como de la VM desencadena una serie de respuestas metabólicas del estado ácido-base, de respuesta adrenérgica, inflamatoria, inmune y demás, que contribuyen incrementando la morbi-mortalidad a corto, mediano y largo plazo. Durante la anestesia general, en la mayoría de los casos, es necesario el abordaje de la vía aérea y la aplicación de la ventilación mecánica como sustituto temporal del sistema respiratorio (13).

### **2.2 Fisiología respiratoria**

La función respiratoria es fundamental en la práctica de la anestesia, el conocimiento de los principios fisiológicos básicos de la respiración ayuda a la implementación adecuada de las acciones diarias de inducción y mantenimiento de la anestesia general, administración de ventilación mecánica, interrupción del soporte mecánico y farmacológico y retorno al estado preoperatorio (8).

Las cuatro funciones principales de la respiración son: 1) ventilación pulmonar, que se refiere al flujo de entrada y salida de aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares; 2) difusión de oxígeno y de dióxido de carbono entre los alvéolos y la sangre; 3) transporte de oxígeno y de dióxido de carbono en la sangre y los líquidos corporales hacia las células de los tejidos corporales y desde las mismas, y 4) regulación de la ventilación y otras facetas de la respiración (3).

#### **2.2.1 Maduración Pulmonar**

La maduración pulmonar comienza a la tercera semana en la etapa embrionaria, y culmina luego del nacimiento a los 8 años de edad con la fase de hipertrofia alveolar, con una superficie de difusión aproximada de 32 metros cuadrados, después de lo cual la superficie de difusión es directamente proporcional a la superficie corporal, de manera que, ya no se modifica por procesos de maduración como hiperplasia e hipertrofia. Los valores de excreción y difusión de CO<sub>2</sub> a partir de los 8 años son idénticos a los de un adulto, se estima que en un adulto promedio la superficie es de 75 metros cuadrados (14, 15).

### **2.2.2 Mecánica Respiratoria**

Para entender el funcionamiento del sistema respiratorio hay que tomar en cuenta 3 grandes variables que condicionan la cinética pulmonar que son: presión, flujo y volumen, además, su estudio e interrelación nos permiten acercarnos lo más fidedignamente a una correcta VM. Las presiones que originan el movimiento de entrada y salida de aire de los pulmones se originan por la acción cíclica de los músculos respiratorios. Cada respiración comienza con la presión aplicada por los músculos respiratorios (presión negativa) o por un ventilador (presión positiva), generando un flujo de gases a través de las vías respiratorias que expande el volumen del pulmón y las estructuras circundantes; este proceso se opone cada vez a la resistencia al flujo de gas en las vías respiratorias, la elastancia del pulmón y las estructuras circundantes. Estas cinco variables (presión, flujo, volumen, resistencia y distensibilidad) están íntimamente entrelazadas para determinar el proceso mecánico de la respiración, ya sea durante la respiración relajada, durante el ejercicio arduo o suministrada por un ventilador (3, 8, 16).

### **2.2.3 Intercambio de gases**

El principio básico para que los alvéolos funcionen como intercambiadores de gases es hacer coincidir la ventilación con la perfusión. Los dos sistemas se cruzan en los alvéolos, donde la sangre entra con diferentes presiones de oxígeno y presiones de dióxido de carbono del gas alveolar y sale con concentraciones casi iguales. El volumen alveolar normal es de aproximadamente 4 litros por minuto y el flujo sanguíneo pulmonar normal de aproximadamente 5 litros por minuto, lo que da una relación de 0,8 (3, 8, 17).

#### **2.2.3.1 Hipoxemia**

El aporte de O<sub>2</sub> siempre es una prioridad en los pacientes anestesiados, en los alvéolos, el O<sub>2</sub> se intercambia por CO<sub>2</sub> en una proporción de aproximadamente 1,25: 1, porque se utiliza un poco más de O<sub>2</sub> que el CO<sub>2</sub> que se produce; este fenómeno refleja el cociente respiratorio fisiológico. Las causas más comunes de hipoxemia son: disminución de la presión inspirada de oxígeno (PiO<sub>2</sub>), hipoventilación alveolar, cortocircuitos intra-extrapulmonares, desequilibrio ventilación/perfusión (V/Q) y defectos de la difusión. La causa más común de PiO<sub>2</sub> baja es respirar a gran altura; en La Paz, Bolivia, y en Lhasa, Tibet (ambos a 3 600 metros), donde la PiO<sub>2</sub> es de 100 mmHg, frente a 150 mmHg a nivel del mar; en altitudes elevadas una de las preocupaciones en estas poblaciones autóctonas constituye la hipoxemia. La hipoventilación puede ocurrir en los pacientes sometidos a anestesia general por varios factores como son los agentes anestésicos, los relajantes musculares, entre otros; que incrementan la

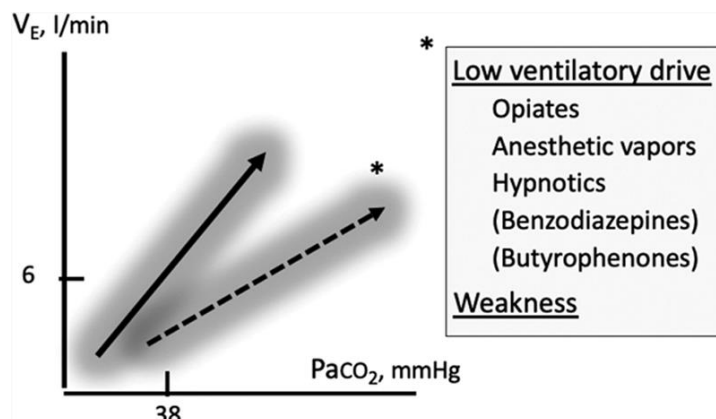
posibilidad de un volumen minuto insuficiente. Los diferentes tipos de cortocircuitos pulmonares, cardíacos, cerebrales entre otros, pueden ser los suficientemente marcados como para causar hipoxemia; de igual forma en la anestesia general en donde el desequilibrio V/Q se acentúa por la VM, posición del paciente, broncoespasmo y otras circunstancias. La difusión es la transferencia de oxígeno del alvéolo a la hemoglobina circulante, el alto gradiente de presión parcial y la delgadez de la membrana alveolo-capilar permiten un tiempo suficiente para que la transferencia de oxígeno alcance el estado estable dentro del tiempo normal de tránsito de la sangre capilar, por tanto, la transferencia de oxígeno está limitada por el flujo sanguíneo pulmonar más que por la capacidad de difusión; sin embargo, el flujo sanguíneo capilar regional puede variar sustancialmente debido a factores como la postura, la presión alveolar y la enfermedad. La hipercapnia extrema también provoca déficit de O<sub>2</sub> ya que el CO<sub>2</sub> desplaza el O<sub>2</sub> en los alveolos. Otras causas de hipoxemia se identifican en el sistema hematológico como disminución en el nivel de hemoglobina, hemoglobinopatías y alteraciones en la liberación de la molécula de O<sub>2</sub> a nivel capilar (3, 8, 18).

### **2.2.3.2 Hipercapnia**

El CO<sub>2</sub> y el agua son los productos finales del metabolismo oxidativo, un CO<sub>2</sub> en estado estacionario depende de un equilibrio metabólico y la adecuada ventilación pulmonar; en el plasma, el CO<sub>2</sub> disuelto está en equilibrio con el ácido carbónico, los iones de hidrógeno (amortiguados por la hemoglobina) y los iones de bicarbonato, este se mide en miliequivalentes por litro como "CO<sub>2</sub> total " en un perfil metabólico estándar. Desde el capilar pulmonar, el CO<sub>2</sub> se transfiere al alvéolo por las mismas fuerzas físicas que transfieren O<sub>2</sub> en sentido contrario (8).

La eliminación de dióxido de carbono es el objetivo fundamental de la respiración, la PaCO<sub>2</sub> y ventilación están estrechamente ligados, y pequeños aumentos de PaCO<sub>2</sub> tienen un efecto inmediato en la ventilación minuto total, la figura 1 muestra esta relación entre volumen minuto y PaCO<sub>2</sub>, en donde la línea continua es la normal y la línea discontinua representa el efecto de diferentes condiciones, el brillo alrededor de ambas líneas es una representación cualitativa de la variación presente, tanto en individuos sanos como afectados; los medicamentos entre paréntesis tienen un efecto menos pronunciado (3, 8).

Figura 1: Volumen minuto y PaCO<sub>2</sub>. Autor: Bigatello L.



Fuente: The Journal of the American Society of Anesthesiologists Inc.

A diferencia de la hipoxemia, la hipercapnia generalmente se tolera bien a menos que sea lo suficientemente grave como para causar obnubilación y paro respiratorio, en pacientes susceptibles, la hipercapnia puede aumentar la presión intracraneal o exacerbar la hipertensión pulmonar; no obstante, la hipercapnia moderada puede ser una condición favorable en una serie de situaciones patológicas, como en el shock circulatorio y en el síndrome de dificultad respiratoria aguda.

El aumento del metabolismo aeróbico se produce en estados hipermetabólicos como ejercicio, fiebre, escalofríos, hipertiroidismo, ingesta excesiva de carbohidratos y, en su máxima extensión, en el síndrome neuroléptico maligno y la hipertermia maligna; a excepción de las dos últimas entidades, el aumento de CO<sub>2</sub> es o bien leve o transitorio y la mayoría del tiempo compensado por el aumento del volumen minuto, el CO<sub>2</sub> total también puede cambiar abruptamente en condiciones de estado no estable por cambios en las reservas corporales de CO<sub>2</sub> (bicarbonato y ácido carbónico) o por infusión exógena, por ejemplo, con la administración rápida de bicarbonato de sodio con el objetivo de neutralizar una acidemia metabólica dando como resultado un aumento estequiométrico en la producción de CO<sub>2</sub> (3, 8, 17).

La hipoventilación causa hipercapnia e hipoxemia y entre sus causas más comunes incluyen una disminución del impulso central para respirar, como ocurre con los hipnóticos, los anestésicos volátiles y los opiáceos; debilidad de los músculos respiratorios y cargas ventilatorias de alta resistencia (asma severa) o elásticas (distensión abdominal); cuando la ventilación está limitada por una enfermedad, sedación o anestesia residual, un episodio de fiebre alta puede abrumar la capacidad del sistema respiratorio y producir niveles de hipercapnia que requieren soporte ventilatorio mecánico (8, 17).

#### 2.2.4 Relación Ventilación/Perfusión (V/Q)

El enfoque más práctico de distribución V/Q sigue siendo el modelo de tres compartimentos propuesto por Riley y Cournand hace más de medio siglo: un compartimento ideal, un compartimento no ventilado y un compartimento no perfundido. El compartimento no perfundido corresponde a la zona I en donde la presión alveolar es mayor que la presión arterial pulmonar y a su vez ambas son mayores que la presión venosa pulmonar, en esta zona, la presión alveolar colapsa los vasos sanguíneos, determinando una resistencia máxima y una ausencia de flujo, sin embargo, en condiciones normales esta zona no existe. Las otras dos zonas corresponden al compartimento ideal o zona II, en donde la presión arterial pulmonar es mayor a la presión alveolar y esta mayor a la presión venosa pulmonar; finalmente, la zona III o compartimento no ventilado, en donde existe la menor resistencia y flujo sanguíneo libre dado que la gradiente de presión es máxima, siendo la presión arterial pulmonar mayor que la presión venosa pulmonar y esta mayor a la presión alveolar (18).

En el compartimento no ventilado, la sangre capilar llega al lado venoso pulmonar sin participar en absoluto en el intercambio de gases, la proporción de sangre no oxigenada que se mezcla en el lado arterializado se define como derivación o mezcla venosa, en condiciones normales, más allá de los capilares pulmonares, la sangre arterializada recibe una pequeña fracción de sangre venosa de una derivación alveolar mínima (2 a 3%, aumentando con la edad) y de fuentes anatómicas como las venas bronquiales, tebesias y algunas diafragmáticas, de modo que la presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) disminuye poco menos de 100 mmHg (8).

La ventilación es un proceso de ida y vuelta que comienza en las vías respiratorias, que son conductos unidireccionales que no participan en el intercambio de gases, esta fracción de ventilación corriente (150 a 200 mL en adultos) es, por tanto, "volumen muerto" o espacio muerto anatómico de las vías respiratorias, en pacientes con VM, también se incluye cualquier equipo respiratorio adicional donde el flujo de gas sea bidireccional, como máscaras y tubos corrugados agregados distalmente a la pieza en Y; finalmente, el volumen muerto también puede ocurrir a nivel alveolar o donde normalmente se intercambia todo el CO<sub>2</sub>, el compartimento no perfundido (8, 18).

Los cambios opuestos en V/Q no se cancelan entre sí; a primera vista, parecería que cambios comparables pero opuestos de V/Q se cancelarían entre sí y producirían un intercambio de gases normal, esto no ocurre y la hipoxemia es el resultado principal; este fenómeno se explica en términos del contenido de oxígeno en sangre y la curva de disociación hemoglobina-oxígeno, porque una vez que se alcanza la saturación total de hemoglobina una PaO<sub>2</sub> más alta solo aumenta el oxígeno disuelto (3, 18).



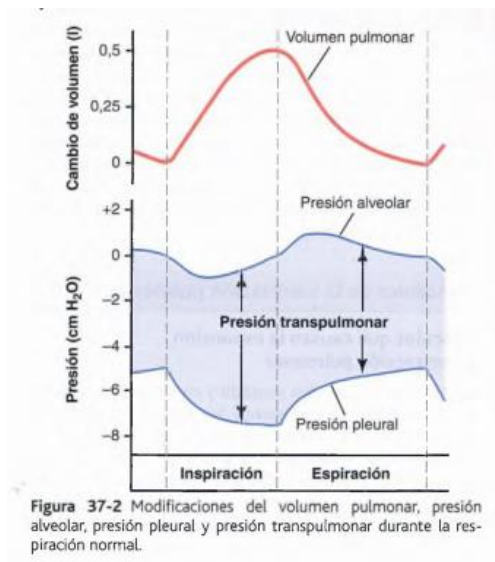
### 2.3 Ventilación mecánica

El ventilador mecánico es una máquina que genera presión positiva intermitente o continua según diversas modalidades, durante la ventilación con presión positiva, el ventilador fuerza el aire hacia las vías respiratorias centrales y el gradiente de presión resultante provoca un flujo de aire hacia las vías respiratorias pequeñas y los alvéolos; dentro de ese contexto la ventilación mecánica no es inocua e intenta adaptarse al sistema fisiológico respiratorio (14, 17, 18).

Las presiones de las vías respiratorias (pico, meseta y media) dependen tanto de la configuración del ventilador como de las variables relacionadas con el paciente, la presión inspiratoria pico (PIP) es la presión más alta medida en las vías respiratorias durante una respiración mecánica y está determinada por el tamaño del volumen minuto, la tasa de flujo inspiratorio, la resistencia y la compliance. La presión plateau es la presión medida al final de la inspiración cuando se pone el flujo a cero, y está determinado únicamente por volumen minuto y compliance. La PIP y la presión plateau son claves para la correcta medición de resistencia y compliance. (19, 23, 24, 25, 26).

La presión que intervendrá en el intercambio de gases es la presión transpulmonar (figura 2); que es la diferencia entre la presión que hay en el interior de los alvéolos y la que hay en las superficies externas de los pulmones, razón por la cual, la nueva generación de ventiladores mecánicos cuentan con dispositivos que miden la presión transpulmonar convirtiéndose en una medida fundamental para lograr una ventilación suficiente y evitar las consecuencias indeseables de la VM, tales como barotrauma y lesión pulmonar asociada al ventilador (17).

*Figura 2: Presión transpulmonar*



Fuente: Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica.

En la VM la distribución de la ventilación es heterogénea y está en función de tres factores que varían de una región a otra dentro los pulmones, estos son: distensibilidad alveolar, resistencia de las vías respiratorias y dependencia, las regiones no dependientes que cumplan las normas con una resistencia mínima de las vías respiratorias estarán mejor ventiladas; por el contrario, las regiones rígidas y dependientes con mayor resistencia de las vías respiratorias estarán menos ventiladas. La heterogeneidad de la ventilación se acentúa en pacientes que tienen enfermedad tanto de las vías respiratorias como del parénquima pulmonar, la VM puede alterar en dos formas opuestas la relación  $V/Q$ , espacio muerto (áreas que están sobreventiladas en relación con la perfusión;  $V > Q$ ) y derivación (áreas que están subventiladas en relación con la perfusión;  $V < Q$ ) (18).

Una sucesión de eventos fisiológicos disminuye la  $PaO_2$  durante la anestesia general. Poco después de la inducción de la anestesia, la capacidad residual funcional disminuye en un promedio de 500 mL en adultos, de igual forma al pasar de la posición erecta a la supina se pueden reducir 1 000 mL adicionales aproximadamente, la causa principal es una pérdida de tono muscular con el consiguiente desplazamiento cefálico del diafragma; esta es una medida independiente del tipo de anestesia y no guarda relación con el bloqueo neuromuscular; se agrava con el embarazo, la obesidad y la distensión abdominal. La disminución del volumen pulmonar en reposo provoca: disminución de la distensibilidad pulmonar, promueve el cierre cíclico de las vías respiratorias al final de la espiración lo que conduce rápidamente a atelectasia, el flujo sanguíneo persistente durante el cierre cíclico de las vías respiratorias y a través de la atelectasia causa áreas de baja ventilación y derivación, lo que contribuye a la hipoxemia; casi paradójicamente, una fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ) alta puede contribuir al colapso pulmonar sustituyendo el nitrógeno alveolar por oxígeno, el primero no participa en el intercambio de gases, una  $FiO_2$  del 80% puede limitar el grado de atelectasia de absorción en comparación con el 100%. (8, 26).

### **2.3.1 Ventilación controlada por volumen**

Dentro de las modalidades de ventilación mecánica se encuentran: la ventilación controlada que puede ser ciclada por presión y por volumen básicamente; y existen también las modalidades de ventilación asistida. En la modalidad controlada por volumen, se tiene un volumen-objetivo ciclado por tiempo, se entrega un volumen tidal ( $VT$ ) deseado mediante un flujo constante con una forma de onda cuadrada, el volumen aumenta linealmente hasta que el  $VT$  se logra dentro de un tiempo inspiratorio permitido y comienza la fase espiratoria pasiva, durante la inspiración, la presión de la vía aérea se comporta como un aumento casi lineal hasta que se alcanza la presión pico; la relación

entre volumen tidal y presión pico es el resultado de la interacción entre la resistencia dinámica de las vías aéreas al flujo y compliance del sistema respiratorio (6).

La ventilación controlada por volumen requiere que el médico establezca la tasa de flujo máximo, el patrón de flujo, el VT, la frecuencia respiratoria, la presión positiva al final de la espiración (PEEP) y FiO<sub>2</sub>; el tiempo inspiratorio y la relación entre inspiración y espiración (I/E) se determinan mediante la tasa de flujo inspiratorio máximo, el aumento de la misma disminuirá el tiempo inspiratorio, aumentará el tiempo espiratorio y disminuirá la relación I/E. El volumen programado se convierte en la variable independiente y la presión es la variable dependiente, por lo tanto, las alarmas principales durante la ventilación controlada por volumen son las de presión mínima-máxima en la vía aérea las cuales nos advertirán de un empeoramiento en la compliance y la consecuente hipoventilación o, en su defecto, sobre una posible sobredistensión alveolar (19, 25, 27, 28).

Las complicaciones de la VM pueden describirse brevemente como la producción o perpetuación de lesión pulmonar aguda y la producción de lesión de órganos a distancia del pulmón mediante la liberación de mediadores inflamatorios a la circulación sistémica, razón por la cual, la ventilación convencional ha sido reemplazada por la ventilación protectora (29, 30).

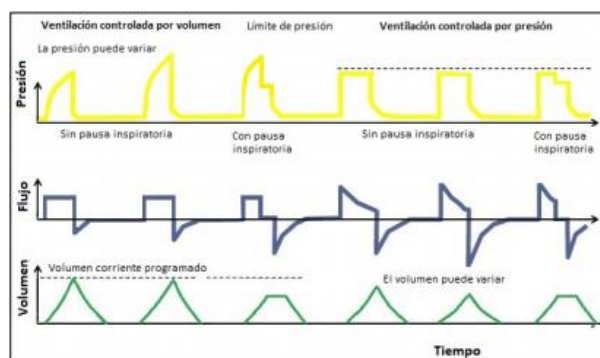
La ventilación convencional en la cual se administra de 8 a 10 mL por kg de peso real ha demostrado resultados perjudiciales por lo que actualmente se describe la lesión pulmonar aguda producida por la ventilación mecánica básicamente por mecanismos de volutrauma, ateletrauma, biotrauma, barotrauma y lesión por cizallamiento, en virtud de lo cual hoy se recomienda la ventilación protectora, estrategia dentro de la cual se realiza el cálculo de volumen tidal de 6 a 8 mL por el peso predicho del paciente, y se calcula mediante las siguientes fórmulas: para hombres:  $50 + 0,91 [\text{altura (cm)} - 152,4]$  y para mujeres:  $45,5 + 0,91 [\text{altura (cm)} - 152,4]$ ; estas se aplican para pacientes con talla mayor a 150 centímetros, de ser la talla inferior se trabaja con el peso ideal. Además, la ventilación protectora plantea el uso de reclutamiento con aire durante la ventilación, así como el uso de PEEP adecuado para el paciente, se recomienda un mínimo de 5 cm H<sub>2</sub>O, idealmente debe ser titulado individualmente para cada paciente (18, 31).

El monitoreo de la VM proporciona las herramientas necesarias para poder objetivar y representar gráficamente la interacción entre los cambios dinámicos que presenta la mecánica del sistema respiratorio durante el transcurso de la VM y el patrón de ventilación programado, el rol principal consiste en detectar precozmente cualquier desvinculación entre ambos, con el fin de efectuar en forma oportuna las modificaciones necesarias para evitar los potenciales efectos adversos que esto podría acarrear; por este motivo, es recomendable efectuar mediciones sistemáticas de la presión

meseta o plateau, la distensibilidad estática, la resistencia de la vía aérea (especialmente la espiratoria), y la auto-PEEP. Un paciente se considera con parámetros protectivos cuando tiene PIP  $< 38$  cm H<sub>2</sub>O, presión meseta  $< 28$  cm H<sub>2</sub>O, presión de distensión (presión plateau - PEEP)  $< 15$  cm H<sub>2</sub>O, presión transaérea (PIP - presión meseta)  $< 3$  cm H<sub>2</sub>O y trabajo mecánico menor a 10 Jules; la verdadera presión de distensión alveolar es la presión transpulmonar, en ausencia de algún instrumento para medir la presión esofágica, la presión de distensión es un buen indicador clínico de la distensión pulmonar (29, 30, 31).

La ventilación controlada por volumen se comparó con la ventilación controlada por presión en un ensayo aleatorizado y en varios estudios observacionales: no hubo diferencias estadísticamente significativas en la mortalidad, la oxigenación o el trabajo respiratorio. La ventilación controlada por presión, se asoció con picos de presión más bajos en las vías respiratorias, una distribución de gas más homogénea (menos sobredistensión alveolar regional), mejor sincronía paciente-ventilador y una liberación más temprana de la ventilación mecánica que la ventilación controlada por volumen. A su favor, la ventilación controlada por volumen puede garantizar un volumen minuto constante, asegurando la ventilación. Durante la VM, la presión, volumen y flujo tendrán un comportamiento diferente dependiente del modo de ventilación que se utilice, las principales diferencias se pueden observar en las curvas de la figura 3 a continuación (19, 20, 21, 32).

*Figura3:* Diferencias entre la VM controlado por volumen y por presión. Autor: Fonseca N.



Fuente: ResearchGate

## 2.4 Capnografía y capnometría

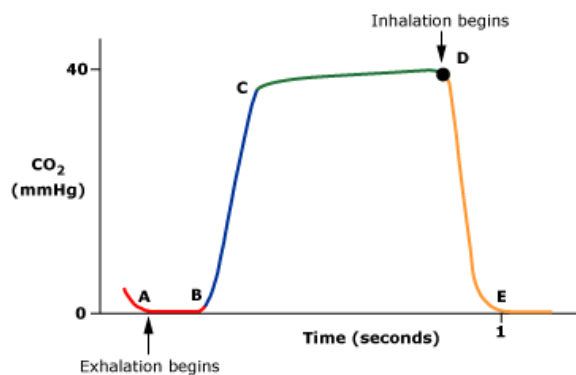
El término capnografía se refiere a la medición no invasiva de la presión parcial de CO<sub>2</sub> en el aire exhalado expresada como la concentración de CO<sub>2</sub> a lo largo del tiempo. La relación entre

la concentración de CO<sub>2</sub> y el tiempo se representa gráficamente mediante la forma de onda de CO<sub>2</sub> o capnograma, los cambios en la forma del capnograma permiten hacer diagnósticos de patologías, mientras que los cambios en el EtCO<sub>2</sub>, que es la concentración máxima de CO<sub>2</sub> al final de cada respiración, se puede utilizar para evaluar la gravedad de la enfermedad y la respuesta al tratamiento. La capnografía también es el indicador más confiable de que se coloca un tubo endotraqueal en la tráquea después de la intubación, y se utiliza igualmente para evaluar la correcta colocación de los dispositivos supraglóticos; los pacientes con función pulmonar normal tienen capnogramas trapezoidales característicos y gradientes estrechos entre su EtCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> de 0 a 5 mmHg (33,34).

El capnograma consta de 4 fases (figura 4):

- Fase 1 (ventilación del espacio muerto, AB), representa el comienzo de la exhalación donde el espacio muerto se despeja de la vía aérea superior.
- Fase 2 (fase ascendente, BC), representa el rápido aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la corriente respiratoria a medida que el CO<sub>2</sub> de los alvéolos llega a las vías respiratorias superiores.
- Fase 3 (meseta alveolar, CD), representa la concentración de CO<sub>2</sub> que alcanza un nivel uniforme en todo el flujo respiratorio desde el alvéolo hasta la nariz. El punto D, que se producen al final de la meseta alveolar, representa la máxima concentración de CO<sub>2</sub> al final del flujo de respiración y se nombra apropiadamente como EtCO<sub>2</sub>. Este es el número que aparece en la pantalla del monitor.
- Fase 4 (DE), representa el ciclo inspiratorio (22).

*Figura 4: Fases del Capnograma. Autor Krauss B.*



Fuente: Uptodate

La oxigenación y la ventilación son funciones fisiológicas distintas, la oximetría de pulso proporciona información casi instantánea sobre la oxigenación, la capnografía proporciona información en tiempo real

sobre la ventilación, la perfusión y el metabolismo; para lo cual los dos tipos de capnógrafos más utilizados son: los de flujo principal y los de flujo lateral, los capnógrafos de flujo principal realizan sus mediciones mediante sensores ubicados directamente en el dispositivo de vía aérea y los capnógrafos de corriente lateral cuentan con sensores ubicados en el monitor, y realizan sus mediciones mediante pequeños volúmenes de aire aspirado de la vía aérea de forma continuada (22, 23, 33, 35, 36, 37).

Se conoce que a medida que ascendemos sobre el nivel del mar disminuye la presión inspirada de oxígeno y la presión arterial de oxígeno, la hipoxemia mantenida provoca una respuesta que se conoce como aclimatización, en la cual la hiperventilación se mantiene, llevando a un estado de hipocapnia crónica para restaurar la normoxemia. En la ciudad de Cuenca no se cuenta con datos publicados acerca de los valores basales de PaCO<sub>2</sub> ni de EtCO<sub>2</sub>, por lo que tomamos como base los resultados obtenidos en varios estudios en Bogotá que se encuentra a 2 630 metros sobre el mar; en esta investigación se determinaron valores normales de capnometría entre 28 y 33 mmHg (38, 39).

## **2.5 Máscara laríngea**

Uno de los retos más importantes de la anestesiología ha sido mantener durante todo procedimiento quirúrgico un adecuado intercambio gaseoso alveolo-capilar, para lo cual existen protocolos y algoritmos de manejo establecidos; sin embargo, con la intención de disponer de mejores dispositivos que mantengan las propiedades de control de la vía aérea, pero con menor potencialidad de daño se han diseñado nuevas opciones, entre ellas, las máscaras laríngeas. La LMA es un dispositivo supraglótico que consiste en un eje hueco o tubo conectado a un manguito diseñado para asentarse en la hipofaringe mirando hacia la glotis, con la punta en la entrada esofágica (40, 41).

La LMA se introdujo en 1988 en Reino Unido, desde entonces se han creado varias generaciones de dispositivos con la intención de mejorar las características del modelo original, la LMA ha permitido grandes avances en la técnica anestésica como una recuperación más rápida y una menor iatrogenia, debido a la menor utilización o necesidad de relajantes musculares, de los planos anestésicos profundos y las molestias posanestésicas faríngeo-laríngeas. La LMA original y dispositivos análogos se denominan dispositivos supraglóticos de primera generación, incluyen un tubo para las vías respiratorias con un manguito parecido a una máscara. Los dispositivos de segunda generación pueden incluir características adicionales como bloques de mordida, manguitos diseñados para mejorar el sellado, ventilaciones esofágicas que permiten la colocación del tubo orogástrico, monitores de presión del manguito y algunos dispositivos de una variedad de fabricantes, incorporan otras características únicas. Se prefieren los dispositivos de segunda

generación más avanzados que incluyen bloques de mordida y respiradores esofágicos, del mismo modo, cuando se prevé la necesidad de una alta presión de ventilación, preferimos una LMA diseñada específicamente para ese propósito, por ejemplo, LMA ProSeal o Air-Q (24, 40, 42).

Las pautas de los fabricantes recomiendan la selección del tamaño en función del peso, estas pautas generalmente asumen un hábito corporal típico, predecir el tamaño óptimo es complejo, ya que un sellado óptimo depende de varios factores, incluido el tamaño del dispositivo, el inflado del manguito y la anatomía del paciente. Los fabricantes de dispositivos supraglóticos proporcionan pautas para el volumen máximo de aire que se utilizará para inflar el manguito, si se requiere un volumen alto de manguito para mantener un sello, generalmente reemplazamos la LMA con un tamaño más grande (41).

Se han descrito varios métodos para la colocación de LMA, por lo general, seguimos las instrucciones del fabricante para la colocación de la LMA clásica antes de intentar métodos alternativos, la técnica se resume a continuación: en posición de olfateo con la LMA desinflada, se coloca lubricante a base de agua en el manguito, luego, el dispositivo se sostiene con el dedo índice de la mano dominante colocado en la unión entre el manguito y el tubo de las vías respiratorias, seguidamente, el manguito se presiona hacia arriba contra el paladar duro con el dedo índice, luego hacia atrás y hacia abajo a lo largo del paladar con un movimiento suave hasta encontrar resistencia, por último, el manguito se infla a una presión objetivo de alrededor de 44 mmHg, o a la presión mínima necesaria para crear un sellado adecuado (41, 42).

### **2.5.1 Máscara laríngea AIR-Q**

La LMA Air-Q es un dispositivo supraglótico diseñado en 2004 como un dispositivo supraglótico que permite la intubación a su través, consta de cazoleta, tubo de vía aérea, conector desmontable y manguito de hinchado de cazoleta. La cazoleta es más amplia que otras mascarillas para facilitar la intubación, tiene en la parte proximal, un talón acoplado para mejorar el sellado y, por debajo, una rampa elevadora de la epiglotis que mejora la dirección del TET a la entrada laríngea, descendiendo, nos encontramos un orificio con forma de agujero de una llave que nos facilita el paso del tubo endotraqueal a la glotis, y que es lo suficientemente amplio para poder usar otro material médico que ayude a la intubación; finalmente en la porción distal de la cazoleta presenta 3 anillos transversales que refuerzan la punta de la mascarilla, la asemejan anatómicamente a la faringe posterior y están diseñados para dar una mayor estabilidad, permitir una inserción suave y mejorar la alineación con la vía aérea. El tubo de vía aérea que es hipercurvado y permite adaptarse a la anatomía de la faringe, diseñado para evitar que se doble, además, presenta un mordedor

reforzado para evitar que se colapse el tubo de la vía aérea si lo mordiera el paciente. El conector de 15 milímetros es desmontable codificado por colores, que permite la intubación a través del tubo de vía aérea con cualquier TET. Por último, tenemos el manguito de hinchado de la cazoleta y un estilete de la propia casa para extraer la mascarilla y dejar el TET (43, 44).

*Figura 5: Máscara laríngea Air-Q. Autor: Flores M.*



Fuente: Revista electrónica Anestesiari

## **2.6 Tubo endotraqueal**

El tubo endotraqueal es la interfaz más utilizada para la aplicación de ventilación mecánica invasiva, el conocimiento de las características técnicas resulta fundamental para una adecuada utilización del dispositivo e interpretación de la mecánica del sistema respiratorio. Los componentes del TET son, un balón distal, que tiene la función de sellar y proteger las vías aéreas, previniendo la aspiración de secreciones y posibilitando la ventilación pulmonar con presión positiva, el balón distal ejerce una determinada presión en la pared traqueal, que no debe ser elevada; en el caso de que eso ocurra, puede haber una obstaculización del flujo sanguíneo sobre la mucosa traqueal, los balones de alta complacencia y baja presión, usados en la actualidad, pueden minimizar los riesgos de isquemia de la mucosa, evitando lesiones en la misma, para eso, es conveniente ajustar las presiones de insuflación en el balón entre 20 y 30 cm H<sub>2</sub>O. Adicional, el otro extremo proyectado fuera del paciente para conectar al sistema respiratorio se denomina extremo para el aparato o proximal, el bisel de la sonda es el ángulo del corte en el extremo traqueal, un extremo con bisel sencillo se denomina punta de Maguill, el orificio en el lado opuesto al bisel se llama agujero de Murphy. Uno de los materiales más frecuentes en el mercado actual y utilizado en nuestro medio es



el policloruro de vinilo que se caracteriza por ser económico, transparente, no tóxico, libre de látex y con la peculiaridad de ser termoplástico, adaptándose a la temperatura corporal y por tanto a la vía aérea (25, 36).

## **2.7 Máscara Laríngea y Tubo Endotraqueal durante la Ventilación Mecánica**

Se ha enfatizado la falta de estudios relacionados con el tema; se mencionan los 2 estudios más relacionados con la presente investigación. Woo S. en 2004 analizó el comportamiento de LMA y TET, tomando en cuenta que la LMA es un dispositivo con mayor espacio muerto y el uso de los circuitos circulares es muy común (con comportamiento semicerrado o cerrado dependiendo de la titulación de gases frescos) y que estos suponen un riesgo de reinhalación de CO<sub>2</sub>. Por tanto, se compararon la EtCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> durante la ventilación mecánica de circuito cerrado con LMA o TET. Se estudiaron treinta pacientes adultos programados para anestesia general divididos en 2 grupos, cuando se alcanzó el estado estacionario, se registraron PaCO<sub>2</sub> y EtCO<sub>2</sub>. La PaCO<sub>2</sub> fue 32.2 +/- 2.8 para el grupo de LMA, 31.5 +/- 2.2 para el grupo TET; y la EtCO<sub>2</sub> fue 33.0 +/- 2.9, 31,6 +/- 2,4 respectivamente y no hubo significación estadística entre los grupos. La diferencia de EtCO<sub>2</sub> en cada grupo fue de 0,8 +/- 2,6, 0,03 +/- 2,2 respectivamente y no hubo significación estadística entre los grupos (46).

Mencionamos otra investigación que se realizó con la LMA Proseal y TET por Sudheesh K. (2015), se trata de un estudio prospectivo, aleatorizado, simple, doble ciego en 60 pacientes entre 20 y 40 años ASA I y II, divididos en Grupo PLMA y Grupo TET. Los pacientes fueron ventilados inicialmente a 14 respiraciones por minuto (rpm), volumen tidal 6 mL / kg y luego se ajustaron para mantener el EtCO<sub>2</sub> entre 35 y 40 mmHg. La PIP y el VT necesario para mantener la normocarbía fue menor en el Grupo PLMA (47).



### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar los cambios en los niveles y curva de CO<sub>2</sub> con el uso de LMA y TET en pacientes de 14 a 60 años del Hospital Vicente Corral Moscoso, Cuenca 2018.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Determinar las características generales y clínicas del grupo de estudio: edad, sexo, índice de masa corporal (IMC), fumador, enfermedades cardiovasculares, clasificación de riesgo ASA, duración de la cirugía, posición durante la cirugía, tiempo de apnea, capnografía, EtCO<sub>2</sub>, VT, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, FiO<sub>2</sub>, frecuencia cardíaca, presión arterial media (PAM), temperatura axilar, PEEP.
- Identificar los cambios en la curva de EtCO<sub>2</sub> al usar LMA y TET.
- Identificar las diferencias en los niveles de EtCO<sub>2</sub> al usar LMA y TET.
- Definir los parámetros ventilatorios estándar para los pacientes incluidos en el estudio: protectiva o convencional.



## **4. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo de estudio y diseño general**

#### **4.1.1 Tipo de estudio**

Estudio descriptivo de corte transversal.

### **4.2 Área de investigación**

Departamento de Anestesiología del Hospital Vicente Corral Moscoso, hospital público perteneciente al Ministerio de Salud Pública, ubicado en la ciudad de Cuenca-Ecuador, Av. Los Arupos y Av. 12 de abril, en el periodo de enero a diciembre de 2018.

### **4.3 Definición de variables**

Edad, sexo, IMC, fumador, enfermedades cardiovasculares, clasificación de riesgo ASA, duración de la cirugía, posición durante la cirugía, tiempo de apnea, capnografía, EtCO<sub>2</sub>, VT, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, FiO<sub>2</sub>, frecuencia cardíaca, PAM, temperatura axilar, PEEP.

#### **4.3.1 Operacionalización de las variables**

Las variables demográficas y clínicas se encuentran operacionalizadas en el anexo No. 1.

### **4.4 Universo de estudio, selección y tamaño de la muestra, unidad de análisis y observación.**

#### **4.4.1 Universo de estudio**

El universo se determinó en función de la cantidad de pacientes que ingresaron en el Hospital Vicente Corral Moscoso, durante el año 2017, para procedimientos de anestesia general y que de acuerdo a la revisión documental cumplían con los criterios definidos en la presente investigación, siendo el mismo de 337 pacientes.

#### **4.4.2 Muestra de estudio**

La muestra calculada fue de 180 pacientes comprendidos entre 14 y 60 años que acudieron al Hospital Vicente Corral Moscoso, durante el periodo de enero a diciembre de 2018, provenientes de las áreas de hospitalización, emergencia y consulta externa; que requirieron procedimientos de anestesia general y que cumplieron los criterios de inclusión.

Para el cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2(p \cdot q)}{e^2} + \frac{[Z^2(p \cdot q)]}{N}$$

En donde:

n: tamaño de la muestra

Z: nivel de confianza deseado (1,96)

p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse (0.5)

q: probabilidad de fracaso (1-p)

e: nivel de error dispuesto a cometer (0.05)

N: tamaño de la población (337)

#### **4.4.3 Unidad de análisis y observación**

Pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y que no aplicaron con los criterios de exclusión.

#### **4.5 Técnica de muestreo**

La técnica de muestreo utilizada fue no probabilística.

#### **4.6 Criterios de inclusión y exclusión**

##### **4.6.1 Criterios de inclusión**

Pacientes entre 14 y 60 años que se realicen procedimientos de anestesia general balanceada en cirugías programadas ASA I y ASA II, en el periodo enero a diciembre del 2018.

##### **4.6.2 Criterios de exclusión**

- Intervención quirúrgica esofágica, de cavidad oral, gástrica, duodenal.
- Pacientes obesos.
- Pacientes con estómago lleno real o virtual.
- Pacientes en decúbito prono.
- Cirugías laparoscópicas, de tórax y neurocirugía.

#### **4.7 Procedimientos para la recolección de información, instrumentos y métodos para el control y la calidad de los datos.**

##### **4.7.1 Métodos e instrumentos para obtener la información**

A través de un formulario estructurado (Ver anexo No. 2), previamente validado, se recurrió a la historia clínica e interrogatorio, capnografía y las observaciones. La validación se realizó mediante un plan piloto aplicado a 30 pacientes que cumplían con los requisitos del estudio en el Hospital Vicente Corral Moscoso.

##### **4.7.2 Métodos de procesamiento de la información**

A través del programa estadístico SPSS, la presentación de la información se realizó en forma de distribuciones de acuerdo a estadísticos descriptivos, se utilizó las herramientas propias de estadística descriptiva para variables cuantitativas: promedio, mínimo, máximo, desviación estándar, rango; para las variables cualitativas: frecuencia y porcentaje. Además, para el análisis se utilizó chi cuadrado.

##### **4.7.3 Técnica**

La técnica utilizada fue la encuesta, se utilizó un formulario estructurado, en el cual se transcribió la información de las variables de estudio que constan en las fichas, anamnesis y monitorización transoperatoria de los pacientes sometidos a anestesia general.

Los datos fueron registrados por el médico tratante y residente a cargo de la sala en donde se realizó la intervención quirúrgica. El personal que registró los datos fue capacitado en el llenado del formulario para reducir los sesgos inter-operator. La anestesia utilizada fue general balanceada y se efectuó de acuerdo a los procedimientos y técnicas habituales. Los pacientes fueron ventilados mecánicamente con el modo de ventilación controlada por volumen. La fluidoterapia intraoperatoria estuvo constituida por cristaloides. Se monitorizó la capnografía y capnometría.

##### **4.7.4 Procedimiento para la recolección de la información e instrumentos a utilizar**

Los pacientes fueron sometidos a anestesia general balanceada, los agentes anestésicos utilizados y sus dosis estuvieron a elección del médico tratante de sala, se manejó la vía aérea con LMA Air-Q o TET, se clasificaron en 2 grupos, el grupo de LMA Air-Q recibió los tamaños por peso recomendados por el fabricante, de igual manera se insufló con el volumen recomendado en la ficha técnica del dispositivo, se verificó fuga por métodos subjetivos como la auscultación de cuello y



boca, la técnica de colocación fue la clásica y se realizó maniobras de recolocación en el caso de ser necesario; y, el grupo TET recibió el tamaño apropiado de TET con manguito, se intubó a los pacientes con la maniobra de laringoscopia convencional. Se comprobó mediante auscultación pulmonar la ventilación bi-pulmonar y mediante capnografía se verificó la adecuada colocación de la LMA y el TET, posterior a lo cual se fijaron los dispositivos con esparadrapo a las prominencias óseas. La ventilación fue asistida mecánicamente controlada por volumen, el ventilador usado fue marca Drager modelo Fabius Plus, los parámetros ventilatorios fueron inicialmente como se describe a continuación, ajustándose en el transcurso según las necesidades del paciente para mantener normocarbia: volumen tidal de 6-7 mL/kg de peso predicho, frecuencia respiratoria de 12 a 16 rpm, relación I/E de 1:2, PEEP de 5-7 cm H<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub> de 70% para todos los pacientes estudiados (para el grupo LMA la presión estuvo limitada a 25 cm H<sub>2</sub>O), los datos de capnografía y capnometría fueron recogidos a intervalos regulares durante el mantenimiento y al final de la cirugía, las lecturas se realizaron en un capnógrafo de flujo lateral marca Drager modelo Vamos, la temperatura se monitorizó con una sonda axilar y la fluidoterapia intraoperatoria estuvo constituida por cristaloideos.

Al finalizar la cirugía los pacientes fueron extubados o se retiró la LMA según sea el caso en el quirófano, posteriormente trasladados a la unidad de recuperación posanestésica, donde continuaron con los protocolos estándar de la institución.

#### **4.7.5 Procedimientos para garantizar aspectos éticos**

- Se solicitó la aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca.
- Se obtuvo el permiso correspondiente de las autoridades del Hospital Vicente Corral Moscoso y Departamentos de Cirugía y Anestesiología para la investigación.
- Se entregó el consentimiento informado (Ver anexo No. 3) a los pacientes o sus representantes legales donde fueron informados sobre los objetivos del estudio antes de someterse a la entrevista previo a la aplicación del formulario. Se les indicó también que la información es estrictamente confidencial y que no serán utilizados los nombres ni datos particulares en otros trabajos, ni serán expuestos de ninguna forma.
- Se respetó su autonomía.
- No hay conflicto de intereses.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1 Características generales de la población estudiada

**Tabla No. 1**

**Características generales de la población estudiada (n = 180). Hospital Vicente Corral Moscoso. Cuenca, 2018.**

<b>Características generales de la población de estudio</b>		<b>N°</b>	<b>%</b>
<b>Edad (Agrupada)</b>	Adolescentes	31	17,22
	Adultos jóvenes	100	55,56
	Adultos	49	27,22
<b>Sexo</b>	Hombre	89	49,44
	Mujer	91	50,56
<b>Índice de masa corporal</b>	Peso bajo	3	1,67
	Peso normal	131	72,78
	Sobrepeso	46	25,26
<b>Fumador</b>	Sí	30	16,67
	No	150	83,33
<b>Enfermedades cardiovasculares</b>	Sí	21	11,67
	No	159	88,33
<b>ASA</b>	I	121	67,22
	II	59	32,78
<b>Duración de la cirugía *</b>	61,04 minutos	180	100
<b>Posición durante la cirugía</b>	Decúbito supino	175	97,22
	Decúbito lateral	5	2,78
<b>Tiempo de apnea *</b>	7 segundos	180	100

\*Los valores corresponden al promedio general de la población estudiada

En la tabla 1, se observa que el mayor porcentaje de la población son adultos jóvenes, con peso normal, no fumadores, sin enfermedades cardiovasculares, clasificación ASA I; únicamente el 2.8% de la población analizada estuvo en decúbito lateral. La población fue equitativa para sexo hombre y mujer con una razón de masculinidad de 0.9. La media de duración de la cirugía fue de 61,04 minutos (mínimo: 15 minutos; máximo: 190 minutos); la media del tiempo de apnea fue de 7 segundos (mínimo: 5 segundos; máximo: 45 segundos).

## 5.2 Características clínicas de la población estudiada

Tabla No. 2

Características clínicas de la población estudiada. Hospital Vicente Corral Moscoso.  
Cuenca, 2018.

Características clínicas de la población	5 minutos		30 minutos		60 minutos	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
<b>EtCO<sub>2</sub></b>	36	3	35	3	35	3
<b>Volumen tidal</b>	391,07	69,50	412,08	79,01	444,44	81,97
<b>Frecuencia respiratoria</b>	14	2	15	3	13	2
<b>Saturación de oxígeno</b>	99,39	0,88	99,30	0,94	99,13	1,06
<b>FiO<sub>2</sub></b>	70	0	70	0	70	0
<b>Frecuencia cardiaca</b>	66	14	63	13	62	12
<b>PAM</b>	66,13	9,82	65,79	7,67	66,60	7,97
<b>Temperatura axilar</b>	36,55	0,46	36,44	0,51	36,09	0,52
<b>PEEP</b>	5	0	5	0	5	0

Se observa en la tabla 2, un EtCO<sub>2</sub> sobre 33 mmHg para todos los pacientes, el volumen tidal se incrementó en función del tiempo, la saturación de O<sub>2</sub> se mantuvo normal al igual que la temperatura, la PAM fue inferior a 70 mmHg en todos los tiempos quirúrgicos, FiO<sub>2</sub> y PEEP fueron constantes en 70% y 5 cm H<sub>2</sub>O para todos los pacientes.



### 5.3 Cambios en la curva de CO<sub>2</sub> en el grupo tubo endotraqueal y grupo máscara laríngea

**Tabla No. 3**

**Capnografía a los 5, 30 y 60 minutos en grupo tubo endotraqueal y grupo máscara laríngea.**

**Hospital Vicente Corral Moscoso. Cuenca, 2018.**

	Dispositivo de vía aérea											
	Tubo endotraqueal						Máscara laríngea					
	5 minutos		30 minutos		60 minutos		5 minutos		30 minutos		60 minutos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Normal (%)	89	98,9	89	98,9	67	100	90	100	74	100	16	100
Broncoespasmo (%)	1	1,1	1	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-

5 minutos:  $p>0.05$ . 30 minutos:  $p>0.05$ .

En la tabla 3, se observa que en el grupo TET al minuto 5 y 30 un 1.1% de pacientes presentaron un patrón de broncoespasmo, recuperando la normalidad a los 60 minutos la totalidad de pacientes; a su vez, el grupo LMA presentó patrones normales durante todo el transoperatorio. Adicional, se evidenció que a partir del minuto 90 se observan patrones normales en el grupo TET y posterior al minuto 90 no se obtuvieron muestras en el grupo LMA. No se presentaron patrones de intubación esofágica, extubación, obstrucción de tubo endotraqueal, hiperventilación, hipoventilación ni de reinhalación.

#### 5.4 Cambios en los niveles de CO<sub>2</sub> en el grupo tubo endotraqueal y grupo máscara laríngea

Tabla No. 4

Capnometría a los 5, 30, 60 minutos en grupo tubo endotraqueal y grupo máscara laríngea.  
Hospital Vicente Corral Moscoso. Cuenca, 2018.

		Dispositivo de vía aérea			
		Tubo endotraqueal		Máscara laríngea	
		Nº	(%)	Nº	(%)
5 minutos	<28 mmHg*	4	4,44	1	1,11
	(28-33) mmHg	16	17,78	20	22,22
	>33mmHg	70	77,78	69	76,67
30 minutos	<28mmHg	1	1,11	0	0
	(28-33) mmHg	26	28,89	18	24,32
	>33mmHg	63	70	56	75,68
60 minutos	<28mmHg	0	0	1	7,14
	(28-33) mmHg	23	33,83	4	28,57
	>33mmHg	45	66,18	9	64,28

\*Valores referenciales tomados de Lasso, (2014)

En la tabla 4, se observa que la mayoría de los pacientes se encuentran sobre los 33 mmHg dentro del grupo TET clasificada como hipercapnia disminuyendo paulatina y levemente hacia el minuto 60, lo que incrementa el número de pacientes que se encuentran en normocapnia. Similar comportamiento se observa en LMA, evidenciándose aproximadamente un 5% adicional de pacientes en hipercapnia al minuto 30. No hubo diferencia entre grupos en ninguno de los tiempos analizados.

### 5.5 Parámetros ventilatorios estándar usados en el grupo tubo endotraqueal y máscara laríngea

**Tabla No. 5**

**Parámetros ventilatorios estándar en grupo tubo endotraqueal y grupo máscara laríngea (n=90). Hospital Vicente Corral Moscoso. Cuenca, 2018.**

		Dispositivo de vía aérea			
		Tubo endotraqueal		Máscara laríngea	
		Nº	(%)	Nº	(%)
<b>5 minutos</b>	(VT/kg) <8*	71	78,9	81	90
	(VT/kg) >8	19	21,1	9	10
<b>30 minutos</b>	(VT/kg) <8	50	55,6	65	87,8
	(VT/kg) >8	40	44,4	9	12,2
<b>60 minutos</b>	(VT/kg) <8	33	48,5	13	86,7
	(VT/kg) >8	35	51,5	2	13,3

Los dos grupos fueron ventilados con PEEP de 5 cm de H<sub>2</sub>O y FiO<sub>2</sub> de 70%

(VT/kg) <8: Ventilación protectora; (VT/kg) >8: Ventilación convencional

En la tabla 5, al minuto 5, la mayoría de los pacientes del grupo TET fueron ventilados con parámetros protectivos; disminuyendo notablemente al minuto 30 y 60. A diferencia del grupo LMA en donde se conserva la ventilación protectora en un alto porcentaje de pacientes en los tres tiempos estudiados.

## 6. DISCUSIÓN

Durante una anestesia general se puede considerar que todos los procedimientos son de carácter crítico, razón por la cual se debe prestar gran atención en controlar, minimizar y atenuar todos aquellos factores adversos que puedan afectar al estado de homeostasia del paciente; es por eso que hoy en día es preciso disponer de un capnógrafo durante la VM que retroalimente constantemente sobre el estado fisiológico del paciente (1, 2).

Analizamos a continuación las características generales y clínicas, subrayando que no hubo influencia de estas en el comportamiento del EtCO<sub>2</sub>. Así, la población de estudio fue similar demográfica y clínicamente en los dos grupos TET y LMA, el abordaje oportuno de la vía aérea garantizó que los valores de EtCO<sub>2</sub> obtenidos a los 5 minutos sean confiables y no debidos a apnea prolongada, no hubo ningún escenario de abordaje prolongado de la vía aérea, reinserción de la LMA, dificultad o imposibilidad de intubación orotraqueal, en dos casos del grupo LMA se requirieron maniobras de reacomodación.

En cuanto a las variables clínicas, se muestran patrones hemodinámicos parecidos en ambos grupos, durante la anestesia general la disminución del gasto cardiaco afecta al flujo pulmonar y en consecuencia a la entrega y difusión de CO<sub>2</sub> a nivel de la membrana alveolo-capilar, la hipotensión arterial sistémica influye directamente en el EtCO<sub>2</sub> y sumada a la ventilación con presión positiva, tiende a aumentar el espacio muerto alveolar al aumentar la ventilación en los alvéolos que no tienen un aumento correspondiente en la perfusión, empeorando el desajuste V/Q y la hipercapnia; sin embargo, en los pacientes estudiados, los promedios de PAM están dentro de parámetros admisibles para un procedimiento de anestesia general; con lo cual las variaciones de EtCO<sub>2</sub> se presume no están relacionados con los cambios hemodinámicos observados en esta investigación. Vinculado a este conocimiento, según estudios recientes el umbral de PAM para no generar desenlaces perjudiciales como lesión renal, lesión miocárdica, accidente cerebrovascular isquémico, delirio y lesión orgánica general, podría ser superior al que se ha expuesto en publicaciones anteriores, Caperote S. (2019) expone que se podrían generar riesgos elevados de lesión orgánica con exposiciones a presiones arteriales medias inferiores a 80 mmHg, incluso se evidenció incremento de la mortalidad con presiones arteriales medias inferiores a 65 mmHg; es crucial prestar atención a este tema, ya que es probable que con los patrones hemodinámicos registrados y teniendo en cuenta que la VM es un factor independiente de desarrollo de falla renal aguda, esta patología pudo haberse presentado en nuestra población estudiada, además de otras lesiones orgánicas; si bien es cierto, se necesitan más investigaciones para obtener resultados concluyentes sobre los umbrales de PAM en pacientes anestesiados (17, 48, 49).

Conviene señalar que, el análisis de la profundidad anestésica podría ser oportuno, ya que en intervenciones con LMA los patrones hemodinámicos son más estables debido a que no se realiza laringoscopia, lo cual supone una descarga adrenérgica significativa (incluso en planos anestésicos adecuados), además de que por lo general se requiere de menor analgesia; de ahí que, podría ser útil examinar el tipo de intervenciones y las dosis de fármacos utilizadas para dimensionar el cambio hemodinámico con los diferentes dispositivos (Ver anexo No. 4) (18).

Los valores de temperatura obtenidos en ambos grupos se clasifican dentro de normotermia, interesa la influencia de la temperatura, ya que su disminución reduce paralelamente los valores de  $\text{PaCO}_2$ , es sabido que la temperatura se modifica en gran medida en el periodo perioperatorio por diversos factores uno de ellos la misma anestesia; en el estudio no encontramos diferencias en lo que respecta a este signo vital, por lo que se asume que no modificó (al menos no considerablemente) las cifras de  $\text{EtCO}_2$ , siendo más certera la comparación de estas cifras en función de los dispositivos propiamente dichos (Ver anexo No. 4) (18).

En el objetivo general que se planteó en nuestra investigación, se centró en la valoración de los cambios en la capnografía y capnometría con respecto a los dispositivos de vía aérea utilizados. Los resultados referentes a la capnografía en el Hospital Vicente Corral Moscoso mostraron un comportamiento similar y normal a excepción de dos casos presentes en el grupo TET que presentaron patrones de broncoespasmo durante el transquirúrgico, concluyendo que no existe diferencia entre los grupos de estudio. La incidencia de broncoespasmo en anestesia general es 0.2% pudiendo llegar al 2% en poblaciones susceptibles; ocurre con mayor frecuencia en la inducción anestésica (44%), mantenimiento de la anestesia (36 %), en menor incidencia en el período de extubación y recuperación anestésica (20%), el uso de la LMA reduce notablemente el riesgo de broncoespasmo; los datos obtenidos en este trabajo son acordes con el conocimiento existente sobre este particular (50).

En la evaluación de las medias de capnometría no se encontró diferencia entre los grupos en ninguno de los tiempos comparados, a partir del minuto 90 no hubo pacientes para LMA, probablemente por el uso infrecuente de este dispositivo supraglótico para intervenciones de mediana y larga duración. Se pudo notar que existe similitud con los resultados de trabajos anteriores, si bien es cierto que estos no se realizaron a una altura semejante a la ciudad de Cuenca, se exponen los resultados de las evidencias preliminares a continuación: Woo S. (2004), realizó un estudio en Corea en la ciudad Jinju ubicada a 66 metros sobre el nivel del mar en 30 pacientes adultos programados para anestesia general divididos en 2 grupos de 15 pacientes cada uno, el grupo 1 utilizó LMA y el grupo 2 utilizó TET, en los resultados de capnometría se concluyó que se mantuvo normocarbia y no hubo significación estadística entre los grupos (46).

De igual manera, Sudheesh K. (2015) en India en la ciudad de Bengaluru a 920 metros sobre el nivel del mar, realizó un estudio prospectivo aleatorizado en 60 pacientes de 20 a 40 años con clasificación ASA I y II divididos en grupo LMA Proseal y TET; concluyendo que no hubo significación estadística entre los grupos en los promedios de capnometría, considerándose valores normales entre 35 y 40 mmHg ( $P = 0,656$ ). Seguidamente se muestra un resumen de las medias de capnometría obtenidas en las 3 investigaciones (47).

**Promedio de valores de EtCO<sub>2</sub>. Comparación entre estudios.**

	ETCO <sub>2</sub>	
	TET (mmHg)	LMA (mmHg)
Woo S.	$31,6 \pm 2,4$	$33.0 \pm 2.9$
Sudheesh K.	$37,12 \pm 3,17$	$35.11 \pm 2.82$
Vicente Corral Moscoso (5 minutos)	$36 \pm 4$	$36 \pm 3$
Vicente Corral Moscoso (30 minutos)	$35 \pm 4$	$35 \pm 3$
Vicente Corral Moscoso (60 minutos)	$35 \pm 3$	$34 \pm 3$

No existe diferencia entre grupos en ninguna de las investigaciones y ambos dispositivos LMA y TET mantuvieron una ventilación adecuada; aunque, podemos observar un comportamiento diferente de EtCO<sub>2</sub> en cada una de ellas. Woo S. muestra valores ligeramente superiores de EtCO<sub>2</sub> para el grupo LMA, esto podría explicarse por el mayor espacio muerto de la LMA con respecto al TET. Para Sudheesh K, el grupo TET muestra valores más elevados de EtCO<sub>2</sub>, y describe como la LMA Proseal consigue ser una interfaz más eficiente logrando una adecuada ventilación alveolar con presiones pico menores que las empleadas en el grupo TET. En el presente estudio se observó un comportamiento similar en los 3 tiempos para los dos grupos; sin embargo, se evidenció que en LMA hay una tendencia a emplear frecuencias respiratorias más elevadas sin que esto llegue a sobredimensionar el volumen minuto de este grupo, más bien todo lo contrario; en TET el volumen minuto en los tres tiempos de toma de muestra fue 72 mL en promedio más alto que el grupo LMA; la variabilidad de los datos manifestados es leve y posiblemente no influyó en las mediciones de EtCO<sub>2</sub> (Ver anexo No. 4).

Aquí se mostrarán estudios en escenarios diferentes por la falta de publicaciones análogas para contrastar la presente investigación, en la publicación realizada por Qamarul H. (2017) en donde se compara la eficacia de la LMA Proseal versus clásica para la ventilación con presión positiva en adultos sometidos a cirugía electiva, se incluyeron ocho ECA que incluyeron un total de 829 participantes (416 y 413 participantes en los grupos LMA Proseal y LMA clásica, respectivamente), se analizó la ventilación mecánica inadecuada según dos variables: oxigenación inadecuada medida como menos del 90% en la

saturación de oxígeno y ventilación inadecuada evaluada por EtCO<sub>2</sub> superior a 45 mmHg, el análisis se vio obstaculizado por el hecho de que una gran proporción de los estudios no informaron eventos en ninguno de los brazos del estudio. Ningún estudio informó diferencias significativas entre los dispositivos en relación con el resultado primario de la revisión: falta de ventilación mecánica adecuada; estos resultados expuestos coinciden con los datos obtenidos en el Hospital Vicente Corral Moscoso (51).

Un estudio comparativo aleatorizado titulado vía aérea LMA Proseal versus TET con manguito para procedimientos quirúrgicos laparoscópicos bajo anestesia general realizado por Parikh S. (2017), demostraron no encontrar significación estadística en ambos grupos en los diferentes tiempos en los cuales se recogió la muestra: posterior a la inserción del dispositivo de vía aérea, seguidamente al neumoperitoneo y 5 minutos después del neumoperitoneo. El EtCO<sub>2</sub> mostro un aumento en ambos grupos consecuente al neumoperitoneo, debido a que este se realiza actualmente en casi el 100% de los casos con insuflación de CO<sub>2</sub> (salvo limitadas situaciones clínicas), el retorno a valores normales suele tomar entre 30 a 45 minutos del posoperatorio en personas sanas; es necesario subrayar que en el presente estudio se excluyen este tipo de cirugías pues la intención fue medir los cambios en los niveles y curvas de EtCO<sub>2</sub> entre los dispositivos LMA y TET. Conjuntamente, es preciso señalar que las modificaciones del CO<sub>2</sub> ocasionadas por el neumoperitoneo con CO<sub>2</sub> dependen de múltiples variables como: presión intrabdominal, concentración y flujo de CO<sub>2</sub>; inclusive, modificaciones causadas por el mismo acto quirúrgico como presión del operador, incisiones, resecciones y otras circunstancias, que modifican dinámicamente la absorción que existe del CO<sub>2</sub> del neumoperitoneo hacia los tejidos y el torrente sanguíneo del paciente; consecuentemente, agregar y medir todas estas variables no hubiera sido posible en el presente trabajo de investigación. De manera semejante, Gupta R. (2019) realizó una comparación entre la LMA Proseal y Air-Q en pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica electiva, en donde se observó que tanto LMA Proseal como Air-Q muestran una eficacia similar para mantener la ventilación y la oxigenación durante la cirugía laparoscópica, se mantuvieron valores de EtCO<sub>2</sub> entre 35-40 mmHg (52, 53).

Al observar los resultados de la capnometría en el Hospital Vicente Corral Moscoso se vio una tendencia notable en los dos grupos de valores medios sobre los 33 mmHg, que corresponden a hipercarbia según la referencia del estudio en Bogotá; no obstante, se debe considerar que los valores mostrados en dicho estudio pueden no reflejar la realidad de nuestra región, los límites de PaCO<sub>2</sub> como de EtCO<sub>2</sub> pueden ser más elevados o tener un rango diferente en nuestra ciudad debido a la disminución de la presión barométrica (39).

Por último, para definir los parámetros ventilatorios estándar, se observó que los pacientes estuvieron ventilados con FiO<sub>2</sub> de 70% y PEEP de 5 cm H<sub>2</sub>O, por lo que se clasificaron a los pacientes con

ventilación convencional o protectora en base al volumen tidal. En el grupo TET la ventilación mecánica protectora disminuye drásticamente hacia los 60 minutos de transquirurgico, mientras que el grupo LMA se mantiene con parámetros protectivos en los 3 tiempos de recolección de la muestra, la limitante de presión de 25 cm H<sub>2</sub>O en el caso de la LMA Air-Q, pudo haber impedido un incremento de volumen tidal ocasionando posiblemente que los operadores para garantizar un adecuado volumen minuto hayan incrementado la frecuencia respiratoria. Se consideró fundamental la determinación de los parámetros ventilatorios estándar utilizados en el Hospital Vicente Corral Moscoso, al advertirse el uso rutinario de la ventilación convencional aun cuando existe evidencia contundente de sus consecuencias desfavorables.

Para poder reconocer las limitaciones del trabajo realizado, recordaremos la fisiología respiratoria para mencionar que el movimiento de gases a través de un conducto tiene 2 determinantes principales que son la presión, es decir la fuerza que se aplicará sobre el volumen de gases para su movimiento a una determinada velocidad, y la concentración de los gases que se transportan, que ejercerán una presión parcial directamente proporcional a su concentración que se sumará a la presión de vapor de agua, esta se debe a la humidificación del aire seco durante su tránsito por las vías aéreas superiores, alcanzando una presión de 47 mmHg a nivel alveolar. La principal intención de la VM es que sea suficiente para brindar un adecuado intercambio de gases, evitando las lesiones por presión, volumen y flujo excesivos, entre otros factores; durante la hipoventilación se acumula CO<sub>2</sub> que no pudo formar parte del adecuado intercambio gaseoso, en el contexto de la hipercardia como un indicador de hipoventilación, se debe observar las otras causas que influyen en su comportamiento como son la perfusión y el metabolismo, descartadas estas causas y a un FiO<sub>2</sub> adecuado, el anestesiólogo llevará su atención hacia las variables presión-volumen; ya que en un pulmón sano excepcionalmente se presenta un problema a nivel de la difusión de gases. Existe gran variabilidad de relaciones V/Q entre pacientes y se acentúa el desajuste de esta relación en la ventilación a presión positiva, los diferentes factores que influyen en el comportamiento del CO<sub>2</sub> vuelven a la VM una tarea delicada, por lo que, la monitorización del acoplamiento de la ventilación mecánica al paciente es fundamental para titularla a las necesidades propias de cada individuo, lo que nos permite acortar la distancia a la VM ideal (3, 8, 17, 18).

Las afirmaciones anteriores indican que son limitantes significativas la falta de mediciones más avanzadas de presión transpulmonar o una medida aproximada de presión de distensibilidad, poder mecánico, presión plateau, mediciones de compliance dinámica y estática entre otras, que brindan al operador datos valiosos para poder optimizar la VM permitiendo por ejemplo, individualizar la PEEP, compensar compliance del circuito y aparataje, modificar ondas y constantes además de evaluar los volúmenes y presiones así como el flujo inspirado y espirado. Todo lo cual se sintetiza en mayor seguridad para el paciente, estas medidas son esenciales durante la VM; a pesar de ello, en nuestro medio apenas se dispone





de máquinas de anestesia de segunda generación, las cuales no monitorizan la mayoría de estas variables constituyendo una gran limitante para la gestión de los pacientes, sin embargo es necesario a pesar de tener estos obstáculos, investigar este tema; así también, al ser un estudio de tipo observacional descriptivo no nos permite el control sobre estas y otras variables, orientándose únicamente a recoger los datos de una realidad y analizarlos (29, 30).

Otra limitación es la falta de publicaciones que analizan esta temática, razón por la cual hemos revisado estudios en escenarios diferentes en donde se ve afectado el comportamiento de EtCO<sub>2</sub> por otros factores, como se ha mostrado, no se exponen en ninguna de las revisiones incapacidad de los dispositivos supraglóticos para mantener una ventilación adecuada, no se identifica con certeza la superioridad de un dispositivo supraglótico sobre otro, ni tampoco de LMA con respecto a TET. Se observa una adecuada ventilación incluso en cirugías laparoscópicas, en donde mantener una adecuada ventilación requiere de maniobras adicionales en el manejo anestésico. A pesar de ser investigaciones con variables diferentes, los resultados son afines sugiriendo que no existen diferencias entre los diferentes dispositivos de vía aérea utilizados.

La revisión de literatura y los resultados obtenidos nos lleva a afirmar que el análisis del EtCO<sub>2</sub> en el contexto de la VM es una condición compleja, donde diversos factores intervienen, en paralelo se hace evidente la necesidad de estudios de determinación de valores basales de PaCO<sub>2</sub> y el estudio del EtCO<sub>2</sub> en niveles de investigación mas complejos, de continuarse con las líneas de investigación propuestas, supondría un gran avance científico en nuestra región.



## 7. CONCLUSIONES

- Las variables clínicas se mantuvieron dentro de parámetros normales de manera que es probable que no hayan influido de manera independiente en el comportamiento del EtCO<sub>2</sub>, y fueron semejantes entre los dos grupos de estudio.
- El análisis de la capnografía permitió identificar que no existe diferencia entre los dos grupos evaluados, a pesar de haber existido 2 casos con patrón de broncoespasmo.
- El análisis de la capnometría permitió identificar que no existe diferencia entre los dos grupos analizados en los diferentes tiempos quirúrgicos, los valores obtenidos en ambos grupos estuvieron en su mayoría sobre el rango normal recomendado.
- En el caso del grupo LMA se mantuvo un alto índice de pacientes a los cuales se aplicó ventilación protectora en el transcurso del tiempo, a diferencia de TET el cual presenta una disminución progresiva en los intervalos valorados.



## 8. RECOMENDACIONES

- Fomentar el uso de dispositivos supraglóticos, ya que su uso es escaso y muestran beneficios respecto al TET en varios escenarios clínicos.
- Conocer y aplicar los principios mecánicos y físicos de gases que rigen la ventilación mecánica en estos dispositivos.
- Promover el análisis a profundidad de la capnografía por la valiosa información que aporta en varias esferas del paciente.
- Realizar estudios en nuestra población con la finalidad de identificar los valores normales de  $\text{PaCO}_2$  a la presión atmosférica a la que vivimos.
- Estandarización de dosis de fármacos hipnóticos y analgésicos para analizar el comportamiento hemodinámico de los pacientes con el uso de los diferentes dispositivos en futuras investigaciones.
- Realizar investigaciones similares tomando en cuenta la monitorización de las presiones de las vías respiratorias que nos permiten evaluar el acoplamiento del paciente al ventilador, a través de diferentes dispositivos de control de la vía aérea.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Egaña J, Fuenzalida P, Jimenez C, et al. Recomendaciones clínicas de la Sociedad de Anestesiología de Chile sobre disponibilidad y uso de monitorización perioperatoria. Sociedad de anestesiólogos de Chile. [Internet]. 2017; 1: 1-19. Disponible en: [https://www.sachile.cl/upfiles/rc/RC\\_Disponibilidad\\_y\\_Uso\\_de\\_Monitorizacion\\_Perioperatoria\\_SACH.pdf](https://www.sachile.cl/upfiles/rc/RC_Disponibilidad_y_Uso_de_Monitorizacion_Perioperatoria_SACH.pdf)
2. Gravenstein J, Jaffe M, Gravenstein M et al. Capnography. 2ª ed. Cambridge University Press. New York: United Kingdom at the University Press; 2011. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=0GTVkAIlMUUC&pg=PA43&hl=es&source=gbs\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=0GTVkAIlMUUC&pg=PA43&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)
3. Guyton A, Hall J. Tratado de fisiología médica. 13ª ed. Madrid: Elsevier; 2016. Best & Taylor. Bases fisiológicas de la práctica médica. Directores Mario A.
4. Trompetero A, Mejia E, Benavides W, et al. Efectos de la exposición a la altura sobre los indicadores de la eritropoyesis y el metabolismo del hierro. Rev. Fac. Med. [Internet]. 2015; 63 (4): 717-725. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/50188/54066>
5. Ibarra P. Perspectiva de la seguridad en anestesia en américa latina. El Hospital [revista en Internet] 2019 octubre. [acceso 16 de septiembre de 2020]; 75(5). Disponible en: <http://www.elhospital.com/temas/Perspectiva-de-la-seguridad-en-anestesia-en-America-Latina+131981?pagina=2>
6. Maldonado I. La Anestesiología Latinoamericana y su importancia como factor de desarrollo social. Rev Chil Anest. [Internet]. 2018; 47(1): 9-14. Doi:10.25237/revchilanestv47n01.02. Disponible en: <https://revistachilenadeanestesia.cl/la-anestesiologia-latinoamericana-y-su-importancia-como-factor-de-desarrollo-social/>.
7. Trapaga Y, Sanchez C, Vasquez H, et al. Trabajos de investigación presentados en el LI Congreso Mexicano de Anestesiología: Mérida, Yucatán 2017. México. Federación Mexicana de Colegios de Anestesiología AC. [Internet]. 2018; 30 (2): 45-173. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/article\\_plus.php?pid=S244887712018000200045&tlng=es&lng=es](http://www.scielo.org.mx/article_plus.php?pid=S244887712018000200045&tlng=es&lng=es)
8. Bigatello L, Pesenti A. Respiratory Physiology for the Anesthesiologist. The Journal of the American Society of Anesthesiologists, Inc. [Internet]. 2019; 130: 1064-1077. Disponible en: <https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/130/6/1064/18439/Respiratory-Physiology-for-the-Anesthesiologist>



9. Cook T, Hagberg C. Benumof and Hagberg's Airway Management. 4<sup>a</sup> ed. Elsevier Saunders. Houston: Servicios editoriales Gabel J; 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-40751-7>
10. Natalini M, Ranceschetti M, Pantelidi, A, et al. Comparison of the standard laryngeal mask airway and the ProSeal laryngeal mask airway in obese patients. British Journal of Anaesthesia. [Internet]. 2003; 90: 323-6. Doi: 10.1093/bja/aeg060. Disponible en: [https://bjanaesthesia.org/article/S0007-0912\(17\)36820-4/pdf](https://bjanaesthesia.org/article/S0007-0912(17)36820-4/pdf).
11. Ministerio de Salud Pública. Coordinación General de Desarrollo Estratégico en Salud. Prioridades de investigación en salud, 2013-2017. Disponible en: [http://www.investigacionsalud.gob.ec/wp-content/uploads/2016/10/PRIORIDADES\\_INVESTIGACION\\_SALUD2013-2017-1.pdf](http://www.investigacionsalud.gob.ec/wp-content/uploads/2016/10/PRIORIDADES_INVESTIGACION_SALUD2013-2017-1.pdf)
12. Oluwaseun A. Brown E. Neural oscillations demonstrate that general anesthesia and sedative states are neurophysiologically distinct from sleep. Current Opinion in Neurobiology [revista en Internet] 2017[19 de agosto de 2020]; 26 (3):178-185. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2017.04.011>
13. Uptodate [base de datos en Internet]. Falk S, Fleisher L. Overview of anesthesia. 2020 mayo-agosto. [acceso 16 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/overview-of-anesthesia?search=monitorizacion%20perioperatoria%20anesthesia&source=search\\_result&selectedTitle=1~150&usage\\_type=default&display\\_rank=1](https://www.uptodate.com/contents/overview-of-anesthesia?search=monitorizacion%20perioperatoria%20anesthesia&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1)
14. Chu, X., Chen, C., Chen, C. et al. Evidencia de la reparación y regeneración pulmonar en humanos. Frente. Medicina. 14, 262–272 (2020). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11684-019-0717-5>
15. Etsuro K, Finder J, Motoyama E. Fisiología respiratoria en niños y adolescentes. Anestesia de Smith para niños y adolescentes. 8<sup>va</sup> ed. Caracas: Amolca; 2016. p.22-30.
16. Pham T, Brochard L, Slutsky B. Mechanical Ventilation: State of the Art. Mayo Clin Proc. [Internet]. 2017, Sep.92(9):1382-1400. DOI: 10.1016/j.mayocp.2017.05.004. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28870355>
17. Uptodate [base de datos en Internet]. Hizey R, Parsons P. Physiologic and pathophysiologic consequences of mechanical ventilation. 2020 abril-agosto. [acceso 16 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/physiologic-and-pathophysiologic-consequences-of-mechanical-ventilation?search=mechanical-ventilation-&source=search\\_result&selectedTitle=5~150&usage\\_type=default&display\\_rank=5](https://www.uptodate.com/contents/physiologic-and-pathophysiologic-consequences-of-mechanical-ventilation?search=mechanical-ventilation-&source=search_result&selectedTitle=5~150&usage_type=default&display_rank=5)
18. Coleman M. Fisiología pulmonar y respiratoria. Anestesia secretos. 5<sup>a</sup> ed. Mosby Inc. Barcelona: Servicios editoriales A Parras; 2016.p. 19-23.

19. Uptodate [base de datos en Internet]. Gertler R, Joshi G. Mechanical ventilation during anesthesia in adults. 2020 junio-agosto. [acceso 14 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/mechanical-ventilation-during-anesthesia-in-adults?search=mechanical-ventilation-&source=search\\_result&selectedTitle=8~150&usage\\_type=default&display\\_rank=8](https://www.uptodate.com/contents/mechanical-ventilation-during-anesthesia-in-adults?search=mechanical-ventilation-&source=search_result&selectedTitle=8~150&usage_type=default&display_rank=8)
20. Uptodate [base de datos en Internet]. McSparron J, Hizey R. Overview of initiating invasive mechanical ventilation in adults in the intensive care unit. 2020 abril-agosto. [acceso 1 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/overview-of-initiating-invasive-mechanical-ventilation-in-adults-in-the-intensive-care-unit>
21. Uptodate [base de datos en Internet]. Shijing J, Hizey R. Modes of mechanical ventilation. 2020 mayo-agosto. [acceso 1 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/modes-of-mechanical-ventilation?search=mechanical-ventilation-&source=search\\_result&selectedTitle=2~150&usage\\_type=default&display\\_rank=2](https://www.uptodate.com/contents/modes-of-mechanical-ventilation?search=mechanical-ventilation-&source=search_result&selectedTitle=2~150&usage_type=default&display_rank=2)
22. Uptodate [base de datos en Internet]. Krauss B, Falk J. Carbon dioxide monitoring (capnography). 2018 noviembre. [acceso 1 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/carbon-dioxide-monitoring-capnography>
23. Uptodate [base de datos en Internet]. Iohom G, Girish P. Monitoring during anesthesia. 2020 junio-agosto. [acceso 12 de agosto de 2020]. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/monitoring-during-anesthesia?search=Capnography&source=search\\_result&selectedTitle=2~150&usage\\_type=default&display\\_rank=2](https://www.uptodate.com/contents/monitoring-during-anesthesia?search=Capnography&source=search_result&selectedTitle=2~150&usage_type=default&display_rank=2)
24. Uptodate [base de datos en Internet]. Doyle J, Hagberg C. Supraglottic devices (including laryngeal mask airways) for airway management for anesthesia in adults. 2019 mayo. [acceso 1 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/supraglottic-devices-including-laryngeal-mask-airways-for-airway-management-for-anesthesia-in-adults>
25. Garner A, Abbona H. Modos controlados por presión versus volumen en la ventilación mecánica invasiva. Revista medicina intensiva. [Internet]. 2013, May. 37 (4): 292-298. DOI: 10.1016/j.medin.2012.10.007
26. Gutierrez F. Ventilación mecánica. Acta médica Peruana. 2011, Abr-Jun. 28 (2).
27. Serpa A, Hemmes S. Et al. Protective versus Conventional Ventilation for Surgery: A Systematic Review and Individual Patient Data Meta-analysis. Anesthesiology. [Internet]. 2015 Jun. (123) 66-78. doi:<https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000706>. Disponible en: <https://anesthesiology.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=2298040&cid=MR-eJP-HotTopics-Anesthesiology-Anesthesiology-ALN-NoPromo>



28. Ramos L. Fundamentos de la ventilación mecánica. ICG Marge, SL. Barcelona. 2012 Jul 01. 120p.
29. Sutherasan, M, Pelosi P, Sutherasan et al. Protective mechanical ventilation in the non-injured lung: review and meta-análisis. Crit Care. [Internet]. \_ 2014 Mar; 18(2): 211.doi: 10.1186/cc13778. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4056601/>
30. Marín C, Elizalde J. Have there been changes in the application of mechanical ventilation in relation to scientific evidence? A multicenter observational study in Mexico. Medicina Intensiva. [Internet]. 2019 May 24; 44 (3);133-140. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.medin.2019.03.010>
31. Uptodate [base de datos en Internet]. Doyle J, Hagberg C. Hyzy R, Slutsky A, Lesión pulmonar inducida por el ventilador. 2020 agosto [acceso 1 de septiembre de 2020]. Disponible en:<https://www.uptodate.com/contents/ventilator-induced-lung-injury#H910120748>
32. Álvarez G, Ochoa G. Monitoreo anestésico básico. Revista mexicana de anestesiología. [Internet] 2013 Abr-Jun; 36 (1); 95-96. Disponible en: <https://www.medicigraphic.com/pdfs/rma/cma-2013/cmas131r.pdf>
33. Fonseca N. Ventilación controlada por volumen vs presión. 2017 enero. Doi: 10.13140/RG.2.2.21153.81762. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/312304999\\_VENTILACION\\_CONTROLADA\\_POR\\_VOLUMEN\\_VS\\_PRESION](https://www.researchgate.net/publication/312304999_VENTILACION_CONTROLADA_POR_VOLUMEN_VS_PRESION)
34. Muñoz L, Barroso S. Capnografía, la evolución en la monitorización del paciente crítico. H Revista zona TES. [Internet]. 2013 Ene-Mar; (2) 1; 17-20. Disponible en: <http://media.zonates.com/02-01/PDF/7-Capnografia.pdf>
35. Kumar V, Raman R. Rescate de la vía aérea en posición prona con máscara laríngea en casos de estenosis de la columna lumbar y descompresión percutánea posterior por medio de un espaciador interespinoso. Revista colombiana de anestesiología. [Internet]. 2013 Abr-Jun; 41 (2); 158-160. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rca.2012.12.003>
36. Dameri M, Pelosi P. Modes of mechanical ventilation for the operating room. Best Practice & Research Clinical. [Internet]. 2015 Sep; 29(3):285-99. doi: 10.1016/j.bpa.2015.08.003. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26643095>
37. Romero M, Guerrero C. Importancia de la capnografía durante el monitoreo anestésico. Revista científica de investigación actualización del mundo de las ciencias. [Internet]. 2019 Mar 30; 3 (2); 688-711. Disponible en: [https://doi.org/10.26820/reciamuc/3.\(2\).septiembre.2019.688-711](https://doi.org/10.26820/reciamuc/3.(2).septiembre.2019.688-711)
38. Álvarez C, Cardeñas S. Efectividad de las presiones de sello en la vía aérea con la máscara laríngea clásica y la supreme en pacientes adultos sometidos a cirugía oftalmológica por



- personal de anestesia en entrenamiento. Revista colombiana de anestesiología. . [Internet]. 2009 Ago-Oct; 37 (3): 212-224. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/pdf/rca/v37n3/en\\_v37n3a05.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rca/v37n3/en_v37n3a05.pdf)
39. Lasso J, Interpretation of arterial blood gases in Bogota (2640 meters above sea level) based on the SiggaardAndersen nomogram A proposal for simplifying and unifying reading. Revista Colombiana de Neumología. [Internet]. 2014 Ene-Mar; 26 (1): 25-35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/cj9.0000000000000065>
40. Barrios J, Krapienis L. Dispositivos supraglóticos. Anestesia Analgesia Reanimación. [Internet]. 2010 Jul [citado 2020 Abr 06]; 23(1): 30-45. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S168812732010000100006&lng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168812732010000100006&lng=es)
41. Net A, Benito S. Ventilación Mecánica. Vol 1. tercera ed. Barcelona: Springer Science & Business Media. 2010. 14-35. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=c2i6dPBocQUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=c2i6dPBocQUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
42. Uptodate [base de datos en Internet]. Laurin E, Wolfson A. Extraglottic devices for emergency airway management in adults. 2020 agosto. [acceso 13 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/extraglottic-devices-for-emergency-airway-management-in-adults?search=mascarilla%20lar%C3%ADnnea&topicRef=269&source=see\\_link](https://www.uptodate.com/contents/extraglottic-devices-for-emergency-airway-management-in-adults?search=mascarilla%20lar%C3%ADnnea&topicRef=269&source=see_link)
43. Flores M, Cascante M. Mascarilla Laríngea AIR-Q. Anestesiar [revista en Internet] 2013 marzo. [acceso 19 de octubre de 2019]; 5(7). Disponible en: <https://anestesiar.org/2013/mascarilla-laringea-air-q/>
44. González PRI, Bofill GP, Liriano GMI, et al. Máscaras laríngeas. Tres décadas después. Rev Méd Electrón. 2018;40(1):129-143. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=79657>
45. Martínez A, Sánchez B, et al. Prácticas de uso de la Mascarilla Laríngea en Cirugía Ambulatoria. Asociación española de cirugía mayor ambulatoria. [Internet]. 2008. 13(1) 25-37 Disponible en: [https://www.asecma.org/publicaciones\\_revista\\_revista-archivo.aspx](https://www.asecma.org/publicaciones_revista_revista-archivo.aspx)
46. Woo S, Kyeong E, et al. Comparison of Ventilations with LMA and Endotracheal Tube during Closed Circuit Anesthesia. Korean J Crit Care Med. [Internet]. 2004;19(2):126-129. Disponible en: <https://www.accjournal.org/journal/view.php?number=507>
47. Kannan S, Harsoor SS, Sowmiya L, Nethra SS, DevikaRani D, Sathesha M. Comparación de la eficacia ventilatoria y la dinámica de las vías respiratorias entre la vía aérea con máscara laríngea ProSeal y el tubo endotraqueal en pacientes adultos durante la anestesia general. J Anaesthesiol Clin Pharmacol. 2015 octubre-diciembre; 31 (4): 517-21. doi:





10.4103 / 0970-9185.169081. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4676243/>

48. Uchino S, Kellum JA, Bellomo R, et al. Insuficiencia renal aguda en pacientes críticos: un estudio multinacional y multicéntrico. JAMA 2005; 294: 813.
49. Caperote L, Roca D, et al. Prácticas anestésicas seguras: ¿Sabemos que presión arterial intraoperatoria debemos mantener para evitar resultados postoperatorio desfavorables? Revista Anestesiár. [Internet]. 2019 Ene 28. Disponible en: <https://anestesiár.org/2019/practic-as-anestesicas-seguras-sabemos-que-presion-arterial-intraoperatoria-debemos-mantener-para-evitar-resultados-postoperatorio-desfavorables/>
50. Borela P, Barra F. Broncoespamo em anestesia. Rev Med Minas Gerais [Revista de Internet]. 2017;27: S16-S24. Doi: 10.5935/2238-3182.20170040. Disponible en: <http://rmmg.org/exportar-pdf/2200/v27s4a03.pdf>
51. Qamarul H, Samad K, Ullah H. ProSeal versus Classic laryngeal mask airway (LMA) for positive pressure ventilation in adults undergoing elective surgery. Cochrane Database of Systematic Reviews. [Internet]. 2017; 7: 1465-1858. Doi: 10.1002/14651858.CD009026.pub2. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD009026.pub2/full>
52. Parikh S, Parekh S. ProSeal Laryngeal Mask Airway versus Cuffed Endotracheal Tube for Laparoscopic Surgical Procedures under General Anesthesia: A Random Comparative Study. Anesthesia Essays and researches. [Internet]. 2017; 11 (4): 958-963. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5735495/>
53. Gupta R, Mahajan R, Jatinder M, et al. A comparison between ProSeal laryngeal mask airway and Air-Q Blocker in patients undergoing elective laparoscopic cholecystectomy. Journal of anaesthesiology clinical Pharmacology. [Internet]. 2019; 35 (3): 340-347. Doi: 10.4103/joacp.JOACP\_397\_17. Disponible en: <http://www.joacp.org/article.asp?issn=0970-9185;year=2019;volume=35;issue=3;spage=340;epage=347;aulast=Gupta>.



## 10. ANEXOS

## Anexo 1: Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala
<b>Edad</b>	Periodo de tiempo transcurrido entre la fecha de nacimiento y la fecha de la consulta	Años cumplidos	Número de años cumplidos registrados	<19
				20 – 39
				40 – 60
<b>Sexo</b>	Clasificación de un individuo en masculino y femenino teniendo en cuenta criterios anatómicos.	Criterios anatómicos	Fenotipo	-Hombre
				-Mujer
<b>Índice de masa corporal (IMC)</b>	Asociación entre el peso y la talla de un individuo con el fin de clasificar el estado nutricional	Peso en Kg /estatura m <sup>2</sup>	Índice de masa corporal	-Bajo peso <18,5
				-Normal 18.5-24.99
				-Sobrepeso 25-29.99
				-Obesidad 30-39.99
<b>Fumador</b>	Práctica de fumar o consumir tabaco en sus diferentes formas y posibilidades	Índice paquete año	Número de paquetes/ año	< 15 IPA
				16-40 IPA
				>40 IPA
<b>Enfermedades cardio-vasculares</b>	Diagnóstico de padecimiento cardiovascular crónico	Clínica	HTA	Si/No
<b>ASA</b>	Clasificación del estado físico del paciente de la American Society of Anesthesiologists	Estado físico	Escala de valoración del estado físico del paciente, ASA	ASA I
				ASA II
<b>Duración de cirugía</b>	Tiempo transcurrido desde la inducción hasta el despertar	Tiempo en minutos	Duración de la cirugía en minutos	< 30 min
				31-60 min
				61 a 90 min
				91-120 min
				121-150 min
				151-180 min
<b>Posición durante cirugía</b>	Orientación del paciente con respecto a la mesa quirúrgica	Orientación	Posición	-Decúbito dorsal
				-Decúbito lateral
<b>Tiempo de apnea</b>	Tiempo en segundos desde la inducción hasta la colocación del dispositivo de vía aérea	Tiempo en segundos	Duración de tiempo de apnea	< 30 segundos
				30- 60 segundos
				>60 segundos



Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala
<b>Capnografía</b>	Representación gráfica de exhalación de CO <sub>2</sub> en función del tiempo	Curva de CO <sub>2</sub>	Milímetros de mercurio	A = Normal
				B = Intubación esofágica
				C = Extubación
				D = Obstrucción tubo endotraqueal
				E = Hiperventilación
				F = Hipoventilación
				G = Reinhalación
<b>Dióxido de carbono espirado (EtCO<sub>2</sub>)</b>	Fracción de CO <sub>2</sub> espirada indicada en el capnómetro	Valor de CO <sub>2</sub>	Milímetros de mercurio	H = Broncoespasmo
				<28 mmHg
				28-33 mmHg
<b>Volumen tidal (VT)</b>	Volumen de aire inspirado o espirado en cada movimiento respiratorio	Mililitros	Volumen Tidal en mL	>33 mmHg
				<8 mL/kg
<b>Frecuencia respiratoria</b>	Numero de respiración	Unidad	Frecuencia respiratoria: respiración por minuto	>8mL/kg
				<12 rpm
<b>Saturación de oxígeno</b>	Porcentaje de saturación de oxígeno por la hemoglobina captado por el pulsioxímetro	Porcentaje	Saturación de oxígeno en %	>12 rpm
				> 95 %
				90 – 95 %
<b>Frecuencia cardíaca</b>	Número de latidos por minuto del corazón	Unidad	Frecuencia cardíaca: Latidos por minuto	< 90%
				< 40 lpm
				41 -60 lpm
				61 -99 lpm
				100 -159 lpm
<b>Presión arterial media (PAM)</b>	La presión promedio en un ciclo cardiaco completo	[(Presión Sistólica) más (presión diastólica por 2)]/3	Milímetros de mercurio	> 160 lpm
				<70 mmHg
				70-110 mmHg
<b>Temperatura axilar</b>	Grado o nivel térmico de un cuerpo tomado debajo de la axila	Grados centígrados	Nivel térmico en grados centígrados	>110 mmHg
				<35 °C
				35 °C - 37,4 °C
				37,5 °C – 38,4 °C
<b>Fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>)</b>	Porción expresada en porcentaje de O <sub>2</sub> que se encuentra contenida en el gas que se suministra	Porcentaje	Porción de O <sub>2</sub> expresada en porcentaje	>38,4
				<70 %
<b>Presión positiva al final de la espiración (PEEP)</b>	Presión positiva al final de la espiración	Medida de presión	Centímetros de agua	>70 %
				<5 cm H <sub>2</sub> O
				>5 cm H <sub>2</sub> O

\*Clasificación de la edad según MAIS, rangos caracterizados según ciclos de vida.



## Anexo 2: Formulario de recolección de datos



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**  
**CENTRO DE POSGRADOS**  
**POSGRADO EN ANESTESIOLOGÍA**

### FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.- Formulario N°: \_\_\_\_\_

2.- N° de Historia Clínica: \_\_\_\_\_

3.- Edad: \_\_\_\_\_

4.- Sexo:

☐ Hombre

☐ Mujer

5.- Fuma:

Sí ☐

No ☐

\_\_\_\_\_ Paquete / año

6.- ASA:

☐ ASA I

☐ ASA II

7.- Dispositivo de vía aérea

☐ Tubo endotraqueal

☐ Mascara laríngea Air-Q

N° \_\_\_\_\_

8. IMC

☐ Peso bajo

☐ Normal

☐ Sobrepeso

9. Posición en cirugía

☐ Decúbito supino

☐ Decúbito lateral

10.- Enfermedades cardiovasculares

Sí ☐

No ☐

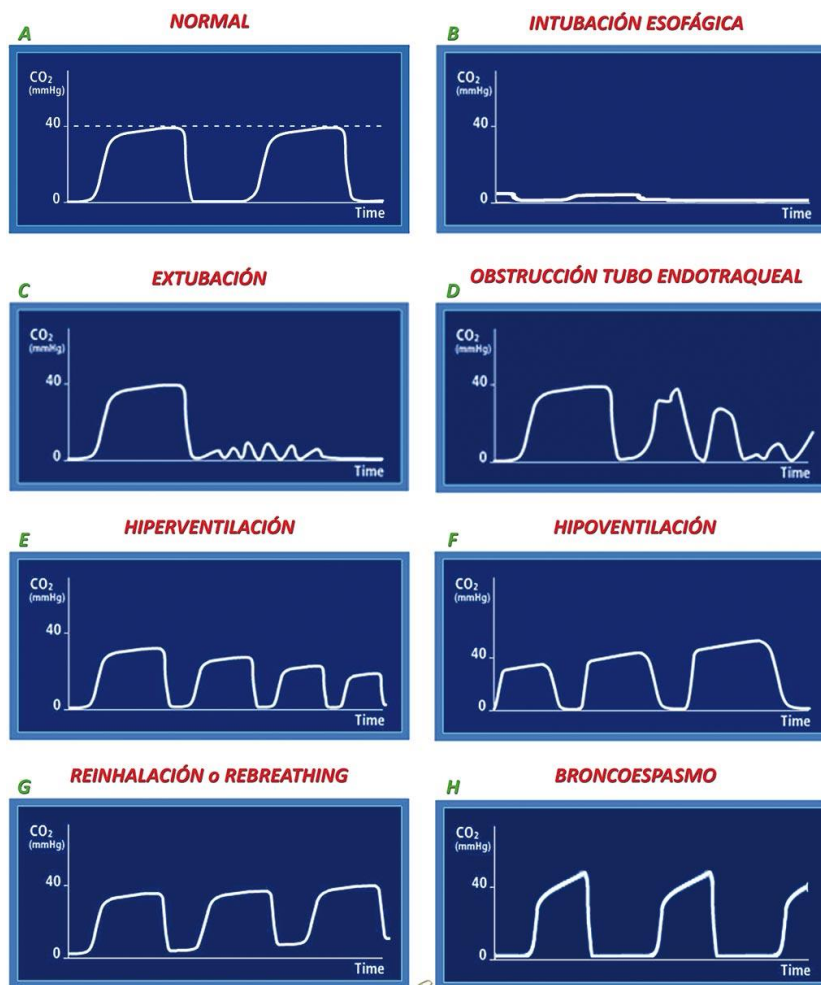
11.- Duración de la cirugía: \_\_\_\_\_ min

12.- Variables ventilatorias



Variable	Escala de tiempo (minutos)							
	Ventilación espontanea	5	30	60	90	120	150	180
Capnografía								
Capnometría								
Volumen tidal								
Frecuencia respiratoria								
Frecuencia cardíaca								
Saturación de oxígeno								
Presión arterial media								
Temperatura axilar								
FiO2								
Tiempo en abordar la vía aérea								

### 13. Gráficos de alteraciones





**Anexo 3: Consentimiento informado**  
**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**  
**CENTRO DE POSGRADOS**  
**POSGRADO EN ANESTESIOLOGÍA**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, Alicia Monserrath Peñafiel Encalada en calidad de Médico Postgradista de Anestesiología de la Universidad de Cuenca, le invitamos a participar del estudio para la obtención de la tesis de especialista llamado “MEDICIÓN DE LOS NIVELES Y CURVA DE CO<sub>2</sub> CON EL USO DE MÁSCARA LARÍNGEA Y TUBO ENDOTRAQUEAL EN PACIENTES DE 14 A 60 AÑOS DEL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO, CUENCA 2018”. El presente estudio tiene por objetivo determinar si existe diferencia entre la capnografía y capnometría con el uso de máscara laríngea vs. Tubo endotraqueal en el Hospital Vicente Corral Moscoso de la ciudad de Cuenca en el periodo enero – diciembre 2018.

La presente investigación consiste en la administración de anestesia general (dormir) para su tratamiento quirúrgico y observar capnografía y medir capnometría, volumen tidal, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, presión arterial media, temperatura axilar, FiO<sub>2</sub> y tiempo de apnea. Cuando haya terminado su cirugía usted será llevado al área de recuperación la misma que cuenta con personal capacitado para su cuidado donde permanecerá hasta recuperarse del procedimiento de anestesia general.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria y no tiene ningún costo. Los datos en este estudio se obtendrán mediante un formulario diseñado para el mismo. No existen riesgos sobreañadidos para el paciente pues solo se describirá lo observado y los datos de este estudio son de tipo confidencial, anónimo y de acceso solo para el investigador; no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación y su publicación si es que se realizara. Además, usted tiene la posibilidad de renunciar a este estudio sin ningún problema, si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. De ante mano le agradecemos por su participación.



Yo.....de  
.....años autorizo al Médico: Alicia Monserrath Peñafiel Encalada, para que realicen la  
investigación y procedimiento explicados.  
Cuenca.....de.....de 20....

CI: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_



**Anexo 4: Comportamiento de variables obtenidas durante el procedimiento quirúrgico en grupo tubo endotraqueal y grupo máscara laríngea en el Hospital Vicente Corral Moscoso, Cuenca, 2018.**

Variable	Promedio					
	5 minutos		30 minutos		60 minutos	
	Tubo endotraqueal	Máscara laríngea	Tubo endotraqueal	Máscara laríngea	Tubo endotraqueal	Máscara laríngea
Capnometría	36 ± 4	36 ± 3	35 ± 4	35 ± 3	35 ± 3	34 ± 3
VT/kg	8 ± 1	7 ± 1	8 ± 1	7 ± 1	8 ± 1	7 ± 1
VT	418 ± 70	364 ± 58	448 ± 79	368 ± 53	459 ± 77	377 ± 72
Frecuencia respiratoria	13 ± 1	15 ± 2	13 ± 2	16 ± 2	13 ± 1	16 ± 3
Saturación de oxígeno	99 ± 1	99 ± 1	99 ± 1	99 ± 1	99 ± 1	99 ± 1
Frecuencia cardíaca	68 ± 17	63 ± 11	64 ± 15	61 ± 11	61 ± 12	65 ± 14
PAM	69 ± 12	64 ± 7	66 ± 9	65 ± 6	67 ± 8	66 ± 6
Temperatura axilar	36 ± 0	37 ± 0	36 ± 0	37 ± 0	36 ± 0	36 ± 1
* Todos Los pacientes estuvieron ventilados con FiO <sub>2</sub> de 70% y PEEP de 5 cmH <sub>2</sub> O						



## Anexo 5: Cronograma, recursos y presupuestos

### ➤ Cronograma

Actividades a realizar	Duración (meses)																	
	Noviembre/ diciembre 2017		Enero/diciembre 2018-2019												Enero / abril 2020			
	1	2	3	4-16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Presentación y aprobación del protocolo																		
Elaboración del marco teórico																		
Revisión de los instrumentos de recolección de datos																		
Plan piloto																		
Recolección de los datos																		
Análisis e interpretación de los datos																		
Elaboración y presentación de la información																		
Conclusiones y recomendaciones																		
Elaboración del informe																		
Corrección del informe																		
Sustentación																		



➤ **Recursos humanos**

- Investigador: Alicia Peñafiel Encalada.
- Director: Dr. Francisco Cevallos.
- Asesor: Dr. Jaime Morales.

➤ **Recursos materiales**

El dinero que solventó el costo de este trabajo será financiado por medios propios.

- Insumos de Oficina
- Materiales de audiovisuales
- Movilización

➤ **Instituciones participantes**

Pacientes intervenidos quirúrgicamente en el Hospital Vicente Corral Moscoso.

➤ **Presupuesto**

Concepto	Cantidad (unidad)	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
<b>Papel bond</b>	1000	0,05	50
<b>Internet</b>	100	1.00	100
<b>Impresiones b/n</b>	1500	0,10	150
<b>Impresiones color</b>	60	0,25	15
<b>Copias</b>	30	0,03	9
<b>Empastados</b>	4	10	40
<b>CD</b>	6	1,5	9
<b>Esferos</b>	10	0,75	7,50
<b>Folders</b>	6	0.50	3
<b>Anillado</b>	3	5	15
<b>Imprevistos</b>	No aplica	1	100
<b>Máscara Laringea</b>	20	25	500
<b>Total final (USD)</b>			998,5